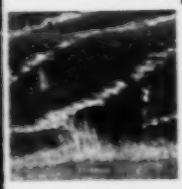
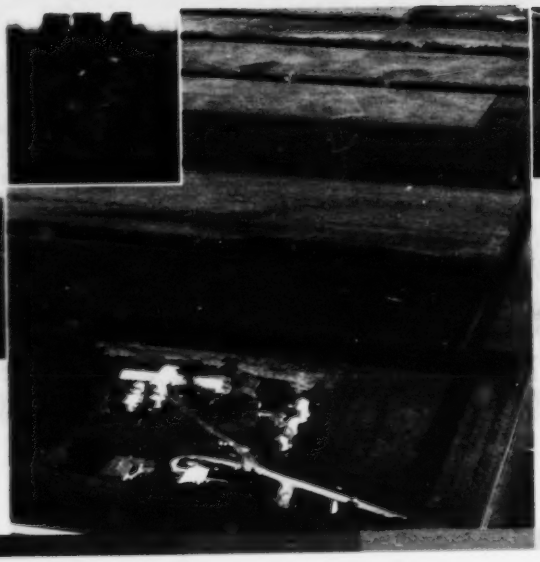
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

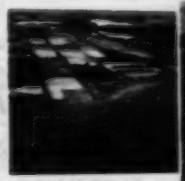
# L'agriculture écologiquement durable au Canada

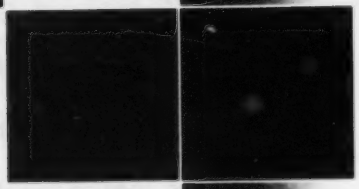
## Série sur les indicateurs agroenvironnementaux

## Rapport Nº 2









Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2005

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser à :
Section des publications
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Édifice Sir-John-Carling
930, avenue Carling
Ottawa (Ontario) K1A 0C5
(613) 759-6626

Cette publication se trouve aussi en version électronique sur le Web à l'adresse suivante :
http://www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/index_f.php

**Données de catalogage avant publication (Canada)**

Vedette principale au titre :
*L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport N° 2*

Publié aussi en anglais sous le titre :
*Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Agri-Environmental Indicator Report Series – Report #2*

N° de cat. A22-201/2005F
ISBN 0-662-70753-2
N° d'AAC 10081F

*Le résumé peut être cité comme suit :*
Lefebvre, A., W. Eilers et B. Chunn (éd.), 2005. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport N° 2.* Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

*Chaque chapitre peut être cité comme suit :*
[Nom(s) de l'auteur ou des auteurs du chapitre], 2005. [Tête de chapitre], Pages [...] – [...] dans Lefebvre, A., W. Eilers et B. Chunn (éd.), 2005. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport N° 2.* Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Imprimé sur papier recyclé

106-02018/

# L'agriculture écologiquement durable au Canada

## Série sur les indicateurs agroenvironnementaux
## Rapport Nº 2

A. Lefebvre, W. Eilers et B. Chunn (éditeurs)

Agriculture et Agroalimentaire Canada

2005

# Table des matières

Un mot du ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada ..... iii

Sommaire ..... iv

## A) INTRODUCTION

1. Introduction ..... 2
2. Évaluation de la pérennité environnementale de l'agriculture ..... 7
3. Facteurs influant sur l'agriculture écologiquement durable ..... 18
4. Vue d'ensemble de l'agriculture au Canada ..... 24
5. Comment relier science et politique ..... 36

## B) GESTION AGROENVIRONNEMENTALE

6. Changement de l'utilisation des terres agricoles ..... 42
7. Pratiques de gestion agroenvironnementale ..... 50
8. Couverture des sols ..... 63
9. Efficacité d'utilisation de l'azote ..... 72
10. Efficacité d'utilisation de l'énergie ..... 80
11. Efficacité de l'utilisation de l'eau : irrigation ..... 87
12. Lutte intégrée ..... 89

## C) QUALITÉ DU SOL

13. Érosion du sol ..... 94
14. Carbone organique du sol ..... 114
15. Salinité du sol ..... 121
16. Éléments traces ..... 127

## D) QUALITÉ DE L'EAU

17. Azote ..... 132
18. Phosphore ..... 140
19. Pesticides ..... 145
20. Agents pathogènes ..... 147

## E) QUALITÉ DE L'AIR

21. Gaz à effet de serre ..... 150
22. Ammoniac ..... 157
23. Particules en suspension ..... 161

## F) BIODIVERSITÉ

24. L'habitat faunique sur les terres agricoles ..... 166
25. Dommages causés par la faune aux cultures et au bétail ..... 173
26. Espèces exotiques envahissantes ..... 176
27. Biodiversité du sol ..... 179

## G) SECTEUR DE LA TRANSFORMATION DES ALIMENTS ET DES BOISSONS

28. Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre ..... 184
29. Consommation d'eau et formation d'effluents ..... 188
30. Déchets d'emballage et résidus organiques solides ..... 192

## H) RÉSUMÉ NATIONAL ET RÉGIONAL

31. Résumé national et regional ..... 198

## I) ANNEXES

Glossaire ..... 214
Auteurs collaborateurs ..... 220
Remerciements ..... 223

Ministre
de l'Agriculture et de
l'Agroalimentaire

Minister
of Agriculture and
Agri-Food

Ottawa, Canada K1A 0C5

## MESSAGE DU MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'AGROALIMENTAIRE

L'agriculture est aujourd'hui confrontée à des défis environnementaux nombreux et complexes. Les décideurs à tous les paliers ont donc besoin d'information fiable pour mieux comprendre et gérer les liens entre l'activité humaine, l'économie et l'environnement.

En 1993, dans le but de mieux cerner les effets des politiques agricoles sur l'environnement, Agriculture et Agroalimentaire Canada a entrepris d'établir des indicateurs scientifiques de la qualité de l'environnement pour le secteur de l'agriculture et de l'agroalimentaire. À mesure que ces indicateurs se sont raffinés, notre capacité d'orienter et de mesurer la performance environnementale de ce secteur a augmenté. En 2000, nous avons publié le premier rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux.

À titre de ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada, je suis heureux de présenter ce deuxième rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux nationaux. Ce rapport met à jour l'évaluation des progrès réalisés par le secteur agricole canadien autant au niveau de la conservation des ressources naturelles sur lesquelles cette industrie repose qu'au niveau du support des écosystèmes naturels environnants. Il nous indique également le travail qu'il reste à faire. En ce sens, le rapport peut nous aider à relever les défis environnementaux d'aujourd'hui, défis qui nous forcent à trouver de meilleures façons d'accroître la productivité et la compétitivité de notre secteur agricole tout en préservant l'intégrité de l'environnement.

Agriculture et Agroalimentaire Canada continuera de collaborer étroitement avec les producteurs et ses autres partenaires afin de produire cette précieuse information dont nous avons besoin sur les indicateurs. Ce faisant, nous contribuerons à consolider les bases des politiques et programmes environnementaux de l'avenir et à faire en sorte que le Canada soit le chef de file mondial en matière d'agriculture respectueuse de l'environnement.

Andy Mitchell

Canada

# Sommaire

## ■ CONTEXTE

Le secteur de l'agriculture et de l'agroalimentaire entretient une relation étroite avec l'environnement. L'agriculture écologiquement durable — produire et transformer les aliments et les fibres de façon à préserver ou à mettre en valeur les ressources naturelles dont dépend la production agricole et qui est compatible avec les systèmes naturels environnants — n'est donc pas un nouveau concept pour ce secteur. Les producteurs ont adopté depuis longtemps des technologies, des stratégies de production et des pratiques de gestion bénéfiques qui améliorent leur performance environnementale.

Durant les dernières décennies, la mondialisation, les pressions du marché et les innovations technologiques ont poussé l'agriculture canadienne à accroître sa production et sa productivité. Cette évolution a suscité dans l'industrie des changements structurels caractérisés par l'adoption de nouvelles technologies et une transition graduelle vers des exploitations plus importantes, plus intensives. Les préférences sociales des Canadiens ont aussi évolué : on se préoccupe maintenant de l'impact possible de la production alimentaire sur l'environnement — sur la qualité des sols, de l'eau et de l'air ainsi que sur la biodiversité. Les Canadiens ont avalisé nombre d'accords, de règlements et de programmes de recherche canadiens et internationaux visant à protéger les systèmes environnementaux avec lesquels l'agriculture est en interaction. L'agriculture d'aujourd'hui doit donc tenir compte d'un large éventail d'exigences et d'attentes environnementales en constante évolution. La durabilité environnementale à long terme est devenue aujourd'hui un objectif plus urgent et les enjeux sont de plus en plus complexes.

Les agriculteurs, les gouvernements et les autres intervenants du secteur de l'agriculture au Canada sont de plus en plus conscients de la nécessité d'intégrer les facteurs environnementaux dans leurs processus décisionnels. Les décideurs de tous les niveaux ressentent le besoin d'obtenir de l'information objective sur la performance environnementale actuelle du secteur de l'agriculture afin de déterminer si celle-ci est satisfaisante et quelle incidence peuvent avoir les décisions qu'ils prennent.

## ■ INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX

Agriculture et Agroalimentaire Canada a mis au point une série d'*indicateurs agroenvironnementaux* (IAE) propres au secteur de l'agriculture et de l'agroalimentaire, pour déterminer si les systèmes agricoles et agroalimentaires gèrent bien et conservent les ressources naturelles et dans quelle mesure ils sont compatibles avec les systèmes et processus naturels de l'environnement. Ces IAE constituent un moyen pratique d'évaluer la durabilité de l'environnement en intégrant les connaissances scientifiques actuelles et les données disponibles sur les ressources et les pratiques agricoles. On vise ainsi à faire une évaluation objective, basée sur des données scientifiques, de la durabilité environnementale globale de l'agriculture. Ces indicateurs devraient donc permettre :

- de suivre les progrès et de mesurer la performance dans l'atteinte des objectifs environnementaux prioritaires;
- d'attirer l'attention du public sur des questions environnementales importantes;
- de traduire les connaissances scientifiques et les résultats de la recherche de manière à ce que les citoyens et décideurs puissent les comprendre et les utiliser;
- d'éduquer les étudiants et les citoyens désireux de mieux comprendre les questions agroenvironnementales et leurs implications.

Les indicateurs agroenvironnementaux sont calculés au moyen de modèles ou de formules mathématiques qui intègrent des données biophysiques (sur le sol, le climat et le paysage) à des données sur l'utilisation des sols et la gestion agricole généralisées afin d'évaluer certains paramètres environnementaux du paysage dans le temps. Ils servent principalement à fournir des renseignements à l'échelle nationale, provinciale et régionale, d'une manière à la fois sensible aux variations régionales en agriculture et universelle pour tout le Canada. La réalisation d'évaluations nationales nécessite cependant d'œuvrer à des échelles temporelles et spatiales étendues et d'utiliser des unités qui ne sont habituellement pas homogènes sous l'angle des pratiques de gestion agricole ou des conditions biophysiques. Le résultat cumulatif peut donc éclipser la réalité locale, et c'est

pourquoi les indicateurs ne peuvent être interprétés comme une illustration des conditions propres à un site, comme une exploitation agricole individuelle.

Une première série de résultats issus des IAE, publiée en 2000, couvrait une période de 15 ans (1981 à 1996). En s'appuyant sur ces travaux préliminaires et compte tenu des besoins actuels et futurs relativement à ce genre d'information, AAC a mis sur pied le Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA) pour renforcer sa capacité de développer des IAE et des outils permettant de les intégrer dans l'élaboration de politiques. Le présent rapport, le deuxième de la *Série des Rapports sur les indicateurs agroenvironnementaux*, peut être considéré comme un nouveau jalon dans la production de rapports périodiques sur l'agriculture écologiquement durable au Canada. Les travaux sur les indicateurs agroenvironnementaux s'inscrivent dans une démarche d'amélioration continue; la plupart des indicateurs du premier rapport ont été mis à jour, pour étendre la couverture temporelle jusqu'à 2001. Les méthodologies et les ensembles de données existants ont aussi été améliorés; les résultats et les tendances pour ces indicateurs ont donc été réévalués pour toute la période couverte, soit 20 ans (1981 à 2001). Ce deuxième rapport donne également des renseignements sur les nouveaux indicateurs qui en sont à divers stades d'élaboration et vont probablement produire des résultats dans un avenir rapproché.

## ■ RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Les IAE figurant dans le présent rapport portent sur quatre volets principaux de la durabilité de l'environnement dans le secteur agricole primaire : la qualité des sols, la qualité de l'eau, la qualité de l'air et la biodiversité. Les résultats font ressortir quelques tendances nationales systématiques, ainsi que des différences marquées dans les divers paramètres agroenvironnementaux pour l'ensemble du Canada. En gros, ils montrent que des progrès considérables ont été réalisés dans le sens de la durabilité de l'environnement, mais que l'expansion et l'intensification des cultures et de l'élevage ont le potentiel d'exacerber les risques environnementaux à moins que des mesures de gestion appropriées ne soient prises. Les principaux résultats des IAE pour la période de 1981 à 2001 peuvent se résumer ainsi :

- **Gestion agroenvironnementale :** Ce volet se compose de cinq indicateurs, dont trois qui ont actuellement une envergure nationale (couverture des sols, azote résiduel dans le sol et utilisation efficace de l'énergie). Les résultats sont mitigés : la couverture des sols affiche dans l'ensemble une amélioration, tandis que l'efficacité de l'utilisation de l'azote et de l'énergie a diminué. Les deux autres indicateurs sont encore en cours d'élaboration (utilisation efficace de l'eau : irrigation et lutte intégrée).

- **Qualité du sol :** Il y a cinq indicateurs de la qualité du sol pour lesquels on a obtenu des résultats, soit les indicateurs servant à évaluer les risques d'érosion hydrique, éolienne et attribuable au travail du sol. L'indicateur du taux de variation du carbone organique dans le sol suit l'évolution de la teneur en carbone du sol et permet d'estimer la séquestration du $CO_2$ dans les sols agricoles. L'indicateur du risque de salinisation du sol vise à évaluer l'évolution de la salinité du sol dans les Prairies. Les cinq indicateurs ont tous mis en évidence une amélioration, la majorité des terres se classant dans la catégorie de risque dit faible pour l'érosion et la salinité, et la plupart, dans les catégories en hausse pour le taux de variation du carbone organique dans le sol. On est en train de mettre au point un autre indicateur, l'indicateur du risque de contamination des sols par des éléments traces, afin de mieux comprendre comment les pratiques de gestion agricole peuvent affecter les niveaux d'éléments traces dans le sol et modifier leur biodisponibilité.

- **Qualité de l'eau :** En ce qui concerne la qualité de l'eau, deux indicateurs distincts ont servi à évaluer le risque de contamination par l'azote et par le phosphore, en tenant compte de l'évolution de l'utilisation des sols (p. ex., variations des superficies en culture) et des pratiques de gestion (p. ex., épandage d'engrais). On a obtenu des résultats mitigés pour ces deux indicateurs. Tandis que près des deux tiers des sols affichent un risque faible ou très faible de contamination de l'eau par l'azote, la tendance se détériore sur une période de 20 ans. Par contraste, on constate une amélioration dans la tendance du risque de contamination de l'eau par le phosphore (Québec seulement), bien que seulement le tiers des terres agricoles se situe dans les catégories à faible risque. Deux indicateurs additionnels, qui ont trait aux pesticides et aux pathogènes, sont encore en voie d'élaboration.

***Tableau 1 : Résumé des résultats liés aux indicateurs***

| Enjeux | Résultats liés aux indicateurs (Aperçu national de 2001) | Tendance (1981-2001) |
|---|---|---|
| **Gestion agroenvironnementale** | | |
| Couverture des sols | 32 % des terres agricoles dans les catégories de couverture des sols élevée et très élevée (300 jours de couverture ou plus) | Amélioration |
| Utilisation efficace de l'azote | 28 % des terres agricoles dans les catégories faible ou très faible relativement à l'azote résiduel dans le sol | Détérioration |
| Utilisation efficace de l'énergie | Déclin de 3 % dans le taux d'efficacité de l'utilisation de l'énergie | Détérioration |
| **Qualité du sol** | | |
| Érosion hydrique | 86 % des terres agricoles dans la catégorie très faible relativement à l'indicateur de risque d'érosion hydrique | Amélioration |
| Érosion éolienne | 86 % des terres agricoles (Prairies) dans la catégorie très faible relativement à l'indicateur du risque d'érosion éolienne | Amélioration |
| Érosion attribuable au travail du sol | 50 % des terres agricoles dans la catégorie très faible relativement à l'indicateur du risque d'érosion attribuable au travail du sol | Amélioration |
| Carbone organique du sol | 31 % des terres agricoles dans la catégorie « augmentation importante » relativement à l'indicateur de variation du carbone organique du sol | Amélioration |
| Salinisation du sol | 70 % des terres agricoles et adjacentes (Prairies) dans la catégorie très faible relativement à l'indicateur de risque de salinisation du sol | Amélioration |
| **Qualité de l'eau** | | |
| Azote | 65 % des terres agricoles dans les catégories faible ou très faible relativement à l'indicateur de risque de contamination de l'eau par l'azote | Détérioration |
| Phosphore | 29 % des terres agricoles (Québec) dans les catégories faible ou très faible relativement à l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore | Amélioration |
| **Qualité de l'air** | | |
| Gaz à effet de serre | 4,4 % (2,5 Mt $CO_{2\ eq}$) de réduction du bilan des GES d'origine agricole (émissions nettes) | Amélioration |
| **Biodiversité** | | |
| Habitat faunique sur les terres agricoles | 19 % des terres agricoles affichant une hausse modérée ou élevée relativement à l'indicateur de capacité d'habitat faunique | Détérioration |

- **Qualité de l'air :** Un indicateur de la qualité de l'air est actuellement disponible — le bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole estime les émissions de gaz à effet de serre (oxyde nitreux, méthane et dioxyde de carbone) provenant de sources agricoles. Cet indicateur montre une tendance nationale positive, avec une réduction de 4 p. 100 des émissions nettes de GES durant la période à l'étude. Cette tendance est largement attribuable à un accroissement de la séquestration du carbone dans le sol, qui a compensé une hausse des émissions de méthane et d'oxyde nitreux. Les travaux se poursuivent en vue de l'élaboration d'indicateurs servant à mesurer les émissions d'ammoniac et de particules en suspension.

- **Biodiversité :** La biodiversité est évaluée au moyen de l'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique des terres agricoles, qui fournit des indications sur les tendances de l'accès de la faune à un habitat naturel sur les terres agricoles au Canada. Les résultats obtenus pour cet indicateur sont globalement assez négatifs, puisqu'une plus grande proportion de terres agricoles affichent une tendance à la baisse plutôt qu'à la hausse pour la capacité de l'habitat. Plusieurs autres indicateurs sont actuellement en cours d'élaboration : risques de dommages causés par la faune, espèces exotiques envahissantes et biodiversité du sol.

- **Secteur de la transformation des aliments et des boissons :** L'approche scientifique utilisée par AAC pour la production d'indicateurs agroenvironnementaux est élargie pour inclure aussi des indicateurs d'écoefficacité pour le secteur de la transformation des aliments et des boissons. Ces indicateurs, encore en cours d'élaboration, porteront sur les enjeux environnementaux suivants : utilisation d'énergie et émissions des gaz à effet de serre, utilisation de l'eau et production d'effluents; résidus organiques solides et déchets d'emballage.

# Introduction A

# 1. Introduction

**AUTEUR :**
A. Lefebvre

**ADAPTATION DE :**
McRae, 2000

## LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : UNE PRIORITÉ EN AGRICULTURE

Le développement durable est un concept qui intègre les facteurs environnementaux, économiques et sociaux d'une façon qui permet de satisfaire aux besoins d'aujourd'hui sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Dans le secteur de l'agriculture et de l'agroalimentaire, le développement durable désigne un mode de production et de transformation des aliments et des fibres qui préserve ou met en valeur les ressources naturelles dont dépend la production agricole, est compatible avec les systèmes et les mécanismes naturels environnants, contribue au bien-être économique et social de tous les citoyens, offre un approvisionnement sûr et abondant en produits agricoles, et protège les moyens de subsistance et le bien-être des entreprises agricoles et agroalimentaires, de leurs travailleurs et de leurs familles (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2003). Le présent rapport insiste sur la protection de l'environnement, un aspect clé du développement durable en agriculture.

L'industrie de l'agriculture et de l'agroalimentaire entretient une relation étroite avec l'environnement, et les dossiers environnementaux ne lui sont pas inconnus. En général, les Canadiens et les Canadiennes apprécient les avantages environnementaux découlant de l'agriculture, notamment l'habitat de la *faune*, la beauté des paysages et les mécanismes naturels comme le cycle des *éléments nutritifs* et l'emmagasinement et la filtration de l'eau. Ces dernières décennies, cependant, l'industrie agricole du Canada a connu des mutations appréciables, notamment l'adoption de nouvelles technologies et un passage graduel vers des entreprises plus vastes, plus intensives, afin de répondre à une demande globale grandissante de produits agricoles et d'augmenter la part des marchés mondiaux détenue par le pays. Ces transformations ont suscité des questions sur les conséquences de l'élargissement de la production sur la pérennité à long terme des pratiques culturales et sur d'éventuels coûts environnementaux, comme la dégradation de la qualité de l'eau, la perte d'habitats fauniques, la diminution de la *biodiversité* et les émissions de *gaz à effet de serre*. Face aux préoccupations grandissantes, tous les segments de la production et de la transformation agricoles sont pressés d'adhérer à des degrés acceptables d'intendance de l'environnement. Dans certains cas, l'exacerbation des préoccupations publiques constitue maintenant une contrainte directe à la croissance de l'agriculture. De plus, comme la mondialisation des marchés a exposé les produits agricoles canadiens à un plus grand nombre de consommateurs, ces mêmes craintes pourraient de plus en plus nuire à la capacité du secteur à conserver ses marchés internationaux et à y soutenir la concurrence.

En conséquence, l'agriculture d'aujourd'hui doit ménager un équilibre entre un vaste éventail de demandes et de défis environnementaux en constante évolution. Pouvoirs publics, agriculteurs et autres intervenants s'emploient ensemble à promouvoir la recherche, des programmes et des mesures connexes pour prendre en charge les préoccupations d'ordre environnemental. L'accent mis initialement sur la conservation des ressources naturelles dont dépend l'agriculture — en particulier le sol, l'eau et les ressources génétiques végétales et animales — s'est maintenant élargi pour englober d'autres secteurs prioritaires comme l'excès d'éléments nutritifs, la contamination de l'eau par les *pesticides* et des agents *pathogènes*, la perte de *matière organique du sol*, la libération dans l'atmosphère de *particules*, d'odeurs et de gaz à effet de serre, la réduction de l'*habitat faunique* et la conservation des espèces en péril. La protection à long terme de l'environnement par le secteur agricole et agroalimentaire est devenue un objectif plus pressant qui s'accompagne de questions de plus en plus complexes.

## INFORMATION AUX DÉCIDEURS : LE RÔLE DES INDICATEURS

Les décisions individuelles des producteurs et des transformateurs agricoles du Canada exercent un effet direct sur la protection de l'environnement. En dehors de la ferme, ces décisions sont infléchies par divers facteurs et intervenants. Les pouvoirs publics ont une influence sur les décisions par leurs politiques et leurs programmes en agriculture, les chercheurs exercent une action en mettant au point de nouvelles technologies pour améliorer la productivité et la pérennité, alors que les consommateurs agissent sur les marchés par leurs décisions d'achat. Agriculteurs, pouvoirs publics, chercheurs, environnementalistes, transformateurs et consommateurs se soucient tous de garantir la viabilité de l'industrie agricole du Canada, et chacun de ces différents groupes peut y jouer un rôle à sa manière. Ils ont cependant tous un besoin commun : des renseignements sur l'environnement.

Les décideurs, tous échelons confondus, ont besoin de renseignements objectifs et fiables sur l'évolution future, actuelle et attendue, de la performance environnementale du secteur agricole. Ils doivent pouvoir déterminer si la performance actuelle est satisfaisante et comment elle pourrait changer en raison des décisions qu'ils prennent. S'ils disposent de ce type d'information, les décideurs auront peut être une meilleure connaissance des contraintes qui se présentent à eux ainsi que de la nécessité et des possibilités d'apporter des changements au système.

Historiquement, les pouvoirs publics et tous les secteurs d'activité économique ont investi des ressources énormes dans la promotion du développement économique et dans l'application d'approches systématiques et d'indicateurs pour mesurer la performance économique. Ces approches ont cependant largement ignoré les effets sur l'environnement, et les indicateurs économiques les plus couramment utilisés ne tiennent pas compte des variations de la valeur des biens et des services environnementaux. De la sorte, les décideurs qui ne tiennent compte que de ces indicateurs courent le risque d'atteindre des objectifs économiques au détriment d'objectifs environnementaux et autres. Pour régler ce problème, on procède actuellement à la mise au point d'indicateurs environnementaux et d'outils permettant d'intégrer ces indicateurs aux données économiques et sociales, afin de mieux comprendre et gérer les liens entre l'activité humaine, l'environnement et l'économie.

En général, les indicateurs environnementaux visent à mesurer et à illustrer les tendances associées à des aspects déterminants de la protection de l'environnement, comme le stress qui agit sur les *écosystèmes*, la réaction des écosystèmes au changement et les actions prises par la société pour prévenir ou réduire ce stress. Si les indicateurs ont souvent été décrits comme les « signes précurseurs » de nouveaux problèmes environnementaux, ils ont aussi été critiqués pour n'avoir pas répondu à cette attente. En réalité, lorsque les données environnementales deviennent disponibles et que les travaux débutent sur un indicateur particulier, le problème d'intérêt n'est souvent plus « nouveau »; il fait plutôt déjà partie des grandes priorités du public et des décideurs (Bond et coll. 2005). Les rôles les plus pertinents à attendre des indicateurs environnementaux seraient, en fait, les suivants :

- servir à évaluer les résultats et à mesurer la performance en ce qui a trait à la réalisation des objectifs environnementaux prioritaires;
- attirer l'attention du public sur d'importants dossiers environnementaux;
- traduire les connaissances scientifiques et les résultats des recherches sous une forme compréhensible et utilisable par les citoyens et les décideurs;
- servir d'outils d'apprentissage aux étudiants et aux citoyens qui veulent comprendre les dossiers environnementaux et leurs répercussions.

En 1993, réagissant aux besoins en renseignements agroenvironnementaux et pour évaluer les effets des politiques agricoles sur l'environnement, Agriculture et Agroalimentaire Canada a entrepris l'élaboration d'un ensemble d'indicateurs environnementaux, fondés sur des principes scientifiques et particuliers au secteur agricole et agroalimentaire. Ces *indicateurs agroenvironnementaux* (IAE) visent à :

- informer les décideurs du secteur agricole et d'autres secteurs sur la performance environnementale en agriculture;
- déterminer comment les conditions environnementales en agriculture changent avec le temps;
- renseigner sur l'effet de l'adoption des principes d'intendance de l'environnement et sur l'utilisation de méthodes respectueuses de l'environnement;
- faciliter l'élaboration de stratégies et de mesures ciblant des domaines et des ressources qui demeurent exposés à un risque environnemental;
- faciliter l'analyse environnementale et la détermination de la performance des politiques et des programmes agricoles.

Un premier ensemble de résultats concernant les IAE a été publié en février 2000 dans le rapport intitulé « *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux* (McRae et coll. 2000).

Faisant fond sur ce travail initial et compte tenu de la nécessité actuelle et future de ce type de renseignements, AAC a créé le Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA). Son rôle est de renforcer la capacité du Ministère à élaborer et à améliorer de façon continue les IAE ainsi que les outils permettant d'intégrer ces indicateurs à l'élaboration de politiques, en adoptant les trois approches complémentaires suivantes :

1) Mise à jour de la série actuelle d'IAE en améliorant les méthodes et les données sous-jacentes, lorsqu'il sera approprié et possible de le faire,

et mise au point de nouveaux indicateurs pour combler les principales lacunes des données sur l'environnement dans les secteurs de la production agricole et de la transformation alimentaire.

2) Amélioration de la qualité et de la fiabilité des outils qui intègrent indicateurs agroenvironnementaux et données économiques. Bien que les IAE donnent la dimension historique du rendement environnemental, cette modélisation intégrée de l'économie et de l'environnement crée une meilleure capacité prédictive permettant d'expérimenter divers scénarios, par exemple, pour mieux comprendre en quoi la modification des politiques et des programmes en agriculture peut toucher la performance environnementale future du secteur.

3) Mise au point d'une capacité de calculer les coûts et les avantages économiques des changements environnementaux en agriculture, pour les agriculteurs comme pour la société. Comme il n'existe aucun mécanisme commercial qui permette de déterminer la valeur économique de bon nombre des effets de l'agriculture sur l'environnement, comme la qualité de l'eau ou l'habitat faunique, en attribuant une valeur économique à ces aspects, nous pourrons procéder à des analyses quantitatives du rendement environnemental par rapport aux retombées économiques.

L'agriculture est liée à bon nombre de questions environnementales mondiales, et les produits agricoles sont des éléments clés des échanges internationaux. En conséquence, plusieurs organismes internationaux s'emploient aussi à élaborer et à utiliser des indicateurs environnementaux pour l'agriculture. L'emploi d'indicateurs internationaux naît de la nécessité de mieux comprendre la santé de l'environnement mondial, de guider et d'évaluer les efforts internationaux visant à réduire les stress environnementaux et à éviter que les pays ne faussent les marchés mondiaux et n'améliorent leur compétitivité en appliquant des normes environnementales relâchées ou en versant des subventions préjudiciables à l'environnement. Une organisation internationale en particulier, en l'occurrence l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), coordonne les efforts de ses pays membres pour mettre au point un ensemble d'indicateurs agroenvironnementaux fondés sur des méthodes cohérentes et compatibles. Les indicateurs de l'OCDE sont mis au point pour :

- fournir des renseignements sur l'état actuel et l'évolution des conditions de l'environnement en agriculture;
- mieux expliquer les liens entre les effets environnementaux de l'agriculture, de la réforme de la politique agricole, de la libéralisation des échanges et des mesures environnementales ainsi que des causes connexes, et orienter les réactions aux mutations des conditions environnementales;
- évaluer l'efficacité des politiques à régler les problèmes agroenvironnementaux et à promouvoir une *agriculture durable* (Organisation de coopération et de développement économiques 2001).

L'élaboration d'indicateurs environnementaux internationaux constitue un défi particulier en raison des différences entre les conditions environnementales, l'activité économique, les priorités nationales et la disponibilité des données dans les pays. Par le travail d'AAC sur les indicateurs agroenvironnementaux, le Canada contribue activement aux efforts de l'OCDE et profite de la coopération et de l'échange de résultats.

## ■ LE RAPPORT SUR LES INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX

### Objectifs du présent rapport

Ce rapport exhaustif sur les indicateurs agroenvironnementaux nationaux est le deuxième d'une série de rapports qui devraient être périodiques sur l'agriculture canadienne écologiquement durable. Ses principaux objectifs sont de transmettre les résultats du travail fondé sur le concept des indicateurs agroenvironnementaux et de tenter de répondre à certaines questions fondamentales :

- Dans quelle mesure les agriculteurs et les transformateurs d'aliments emploient-ils des pratiques de gestion respectueuses de l'environnement?
- Comment les conditions et les tendances environnementales en agriculture évoluent-elles avec le temps?

- Quels sont les domaines et les ressources qui demeurent exposés à un risque environnemental appréciable?

Comme il est dit antérieurement, le premier rapport de la série a été publié en 2000. Il présentait les résultats concernant une série de 14 indicateurs, qui, en général, illustraient les tendances pour la période de 1981 à 1996. Ce deuxième rapport peut être perçu comme une étape intermédiaire vers un rapport sur un ensemble exhaustif d'IAE pour le Canada. La plupart des indicateurs du premier rapport ont été actualisés, la portée temporelle ayant été étendue à 2001. Par souci de continuité, une bonne partie du texte ainsi que le style de présentation des indicateurs ont également été conservés ou adaptés à partir du premier rapport. Le présent rapport donne aussi des renseignements sur de nouveaux IAE qui sont à divers stades de conception.

Le rapport s'adresse à tous ceux qui s'intéressent à la pérennité environnementale de l'agriculture canadienne, en particulier aux décideurs, tout en respectant le principe selon lequel les différents intervenants ont des préoccupations diverses et agissent à divers échelons. Par exemple, les agriculteurs décident de stratégies de production à appliquer à leurs exploitations. Les chefs de file du secteur agricole et les décideurs gouvernementaux entretiennent des rapports avec de plus grands groupes de producteurs, comme les groupements sectoriels ou les groupements de producteurs dans des régions particulières, et doivent tenir compte de facteurs extérieurs qui influent sur l'agriculture (c.-à-d. les accords internationaux sur l'environnement et le commerce). De leur côté, les environnementalistes se préoccupent des faits nouveaux dans des régions particulières, des menaces précises pour l'environnement provenant de l'agriculture, et de la santé de certains éléments de l'environnement.

Souvent, ces divers intervenants poursuivent des buts stratégiques différents et cherchent à susciter l'attention sur ce qui peut être un programme d'action chargé et complexe. Le présent rapport n'a pour objectif ni de promouvoir ni de rejeter diverses allégations concernant la pérennité de l'environnement du secteur agricole et agroalimentaire. Son but est de procéder à une évaluation objective, fondée sur des principes scientifiques, de la pérennité environnementale globale de l'agriculture, en insistant sur la gestion de la ferme, la qualité du sol, de l'eau et de l'air, la biodiversité et l'écoefficacité.

## Portée et limites de cette évaluation

En sa qualité de ministère fédéral, AAC a pour but de procéder à une évaluation nationale de la performance de l'agriculture en matière d'environnement. En conséquence, dans le cadre du PNARSA, les IAE sont principalement destinés à donner des renseignements aux échelons national, provincial et régional, d'une façon sensible aux variations régionales en agriculture et cohérentes dans l'ensemble du pays. Cependant, pour procéder à des évaluations nationales, il faut travailler à de vastes échelles temporelles et spatiales et employer des unités qui, habituellement, ne sont homogènes en ce qui a trait ni aux pratiques de gestion de la ferme ni aux conditions biophysiques. Bien que nous soyons convaincus que la série actuelle d'indicateurs donne une bonne évaluation préliminaire de la performance du secteur dans sa volonté de protéger l'environnement, ils sont tous entachés d'un certain degré d'incertitude (voir le chapitre 2).

Habituellement, les indicateurs ne brossent pas une image très fidèle des conditions de l'agriculture ou de l'environnement à des endroits précis. En conséquence, ils sont rarement applicables à l'échelon de la ferme; ce travail ne se veut pas un guide des meilleures pratiques de gestion à la ferme. AAC, de concert avec les provinces et l'industrie agricole, participe à l'élaboration d'autres outils que les agriculteurs peuvent employer pour prendre des décisions éclairées en matière d'aménagement des terres et de gestion de la ferme, comme la planification environnementale à la ferme. Néanmoins, les agriculteurs devraient trouver ce rapport utile en tant qu'introduction à l'agriculture écologiquement durable, et il pourrait attirer leur attention sur les conditions environnementales de leur région. Nous incitons tous les utilisateurs à faire preuve de prudence dans l'interprétation et l'utilisation du présent rapport.

## Présentation de ce rapport

Le rapport compte huit parties :

- La section A situe les travaux, notamment les concepts, les principes et les approches généraux employés pour obtenir les indicateurs, et présente un aperçu de l'agriculture au Canada et des forces motrices qui influent sur les tendances environnementales en agriculture. Les chapitres de cette section aideront le lecteur à mieux comprendre les résultats et les conclusions du rapport global.

- La section B donne de l'information et les indicateurs agroenvironnementaux qui sont liés particulièrement à la gestion environnementale de la ferme et à l'intensité de la production agricole.
- Les sections C à F présentent les indicateurs agroenvironnementaux associés à la qualité du sol, à la qualité de l'eau, à la qualité de l'air et à la biodiversité des agroécosystèmes.
- La section G donne des indicateurs sur l'écoefficacité de l'industrie des aliments et des boissons.
- La section H résume les résultats sur les indicateurs, par région.

Comme nous voulions que ce rapport soit compris par des profanes, et pas seulement par des scientifiques et des experts en agriculture, nous avons tenté de réduire au minimum l'emploi de mots et de concepts techniques. Les expressions spécialisées employées sont indiquées en italiques la première fois qu'elles paraissent dans le texte et sont définies dans un glossaire figurant à la fin du rapport. Chaque chapitre est indépendant et peut être cité comme un document individuel (la référence exacte est donnée à la page ii). Cependant, nous encourageons les lecteurs à prendre connaissance de l'ensemble du rapport.

Comme il a été mentionné antérieurement, les travaux sur les indicateurs agroenvironnementaux appellent une amélioration constante. Aussi, bien que certains indicateurs aient été rapportés antérieurement, des améliorations ont été apportées aux méthodes et aux séries de données dans la plupart des cas. Les résultats et les tendances touchant ces indicateurs sont donc non seulement actualisés à la lumière de données plus récentes, mais tous les calculs ont été repris pour l'ensemble de la période couverte (voir le chapitre 2 pour plus de précisions). Il n'est donc pas pertinent de comparer les résultats présentés dans ce rapport à ceux du rapport antérieur publié en 2000. Il est préférable de considérer le présent rapport comme se substituant au rapport antérieur sur les IAE.

Pour terminer, comme l'espace est limité dans un rapport imprimé, l'information figurant ici doit être considérée comme un résumé général du travail effectué sur les indicateurs agroenvironnementaux canadiens. Les lecteurs intéressés sont invités à consulter la version en direct du rapport, car ils peuvent y trouver des précisions additionnelles et des descriptions techniques plus détaillées sur chacun des indicateurs, en particulier les méthodes de calcul détaillées et des renseignements sur les métadonnées. Au fil du temps, ils pourraient aussi trouver des renseignements actualisés et des résultats publiés en direct, car les recherches et les efforts scientifiques pour combler les lacunes et les limites des IAE se poursuivent, concrétisant davantage l'engagement d'AAC d'améliorer continuellement les indicateurs agroenvironnementaux.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2003. *Agriculture durable : la voie vers l'avenir, 3e Stratégie de développement durable d'AAC*. Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/policy/environment/pdfs/sds/SDDIII_f.pdf

Bond, W.D., D. O'Farrell, G. Ironside, B. Buckland et R. Smith, 2005. « Tendances, situation et perceptions : Indicateurs environnementaux – Rapports sur l'état de l'environnement au Canada ». Rapport de synthèse relié à *La stratégie nationale sur les indicateurs environnementaux et les rapports sur l'état de l'environnement, 2004-2009*. Environnement Canada, Bureau national des indicateurs et des rapports environnementaux, Gatineau (Qc). www.ec.gc.ca/soer-ree/Francais/documents/bg_paper1_f.cfm

McRae, T., 2000. "Introduction", dans McRae, T., C.A.S Smith et L.J. Gregorich (éd.) 2000. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa. www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/index_f.php *(Rubrique – documents connexes)*

McRae, T., C.A.S Smith et L.J. Gregorich (éd.), 2000. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa. www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/index_f.php *(Rubrique – documents connexes)*

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2001. *Indicateurs environnementaux pour l'agriculture – Volume 3 : Méthodes et résultats*. OCDE. Paris (France). http://213.253.134.29/oecd/pdfs/browseit/5101012E5.PDF *(Résumé seulement)*

# 2. Évaluation de la pérennité environnementale de l'agriculture

## ■ SOMMAIRE

*Ce chapitre présente un aperçu de l'approche adoptée par AAC pour procéder à des évaluations nationales exhaustives et rédiger les rapports connexes sur les principaux enjeux environnementaux auxquels fait face le secteur agroalimentaire canadien. Par secteur agroalimentaire, nous entendons tant l'agriculture primaire que l'industrie de transformation des aliments et des boissons. La section A décrit la démarche adoptée pour évaluer cinq grands aspects de la pérennité environnementale des écosystèmes agricoles, liés à l'agriculture primaire : la gestion environnementale des fermes, la qualité du sol, la qualité de l'eau, la qualité de l'air et la biodiversité agricole. La section B discute de l'approche actuellement en préparation pour évaluer l'écoefficacité de l'industrie des aliments et des boissons, qui insistera probablement sur cinq aspects : l'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, l'aménagement hydraulique et les* effluents *liquides, la production de déchets organiques solides et les emballages consommés. Cette tentative d'évaluation plus complète du secteur agroalimentaire en incluant la transformation des aliments et des boissons forme une approche beaucoup plus vaste que les évaluations antérieures de la pérennité environnementale de l'agriculture.*

# A) Agriculture primaire

**AUTEURS :**
W. Eilers
et A. Lefebvre

**ADAPTATION DE :**
Smith et McRae, 2000

## ■ CONTEXTE

Les écosystèmes agricoles résultent des manipulations des écosystèmes naturels par l'être humain pour produire des aliments, des fibres et d'autres produits destinés à la société. Cette transformation débute lorsque la terre est défrichée pour la première fois et que des cultures domestiques sont ensemencées puis récoltées. Des techniques peuvent être employées pour augmenter la production, notamment le travail du sol, l'*irrigation* pour suppléer les précipitations naturelles, l'apport d'éléments nutritifs additionnels et la lutte contre les mauvaises herbes et les *parasites* des animaux. Les écosystèmes agricoles, comme les écosystèmes naturels, sont dynamiques, et un flux constant d'énergie, d'eau et d'éléments chimiques y pénètre et en sort par cycles. Les débits du flux peuvent cependant varier considérablement pour ces différentes composantes.

Les interactions des pratiques agricoles et du milieu environnant sont inévitables. Cependant, cela ne revient pas à dire que la dégradation de l'environnement est aussi une conséquence inévitable de l'agriculture. Dans une mesure grandissante, nous découvrons des façons de pratiquer l'agriculture qui peuvent réduire au minimum la dégradation environnementale et même améliorer les écosystèmes naturels, par exemple, en offrant des habitats à la faune ou en emprisonnant le carbone dans les sols.

La compréhension du mode de gestion et de conservation des ressources naturelles par les systèmes agricoles et agroalimentaires et de leur compatibilité avec les systèmes et les processus naturels dans l'environnement global est déterminante dans l'évaluation de leur pérennité environnementale. Les indicateurs agroenvironnementaux (IAE) peuvent être définis comme des moyens « de mesurer les conditions et les risques environnementaux de première importance liés à la production agricole et aux méthodes agronomiques employées par les producteurs, ainsi que l'évolution de ces conditions et de ces risques » (McRae et coll. 2000). Ce sont les principaux outils exploités dans le présent rapport pour décrire les connaissances scientifiques actuellement disponibles sur les interactions de l'agriculture avec la nature. On fait également appel à des données provenant d'enquêtes pour constituer un contexte additionnel pour l'évaluation de la pérennité environnementale.

## ■ LES INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX

Les indicateurs agroenvironnementaux sont des mesures pratiques permettant d'évaluer la pérennité environnementale en combinant connaissances scientifiques et données disponibles sur les ressources et les pratiques agricoles. Pour garantir la crédibilité et la rigueur de ces évaluations, tous les indicateurs agroenvironnementaux doivent satisfaire à un ensemble de critères fondamentaux. Ils doivent :

- ***être pertinents en matière de politique :*** les indicateurs doivent être liés aux principaux dossiers environnementaux que les pouvoirs publics et d'autres intervenants du secteur agricole tentent de régler;
- ***reposer sur de solides bases scientifiques :*** le calcul des indicateurs doit faire appel à des méthodes reposant sur de solides bases scientifiques, reproductives, défendables et acceptées, bien que leur élaboration puisse supposer des étapes d'amélioration successives;
- ***être compréhensibles :*** la signification des valeurs des indicateurs rapportées doit être facilement compréhensible aux décideurs et au grand public;
- ***permettre d'identifier un changement géospatial et temporel :*** les indicateurs doivent permettre d'identifier les tendances spatiales et temporelles;
- ***être faisables :*** le calcul des indicateurs doit faire appel à des données existantes dans la mesure du possible et leur élaboration ne devrait pas être d'un coût prohibitif.

Pour mieux guider nos efforts d'identification et d'élaboration des indicateurs appropriés de la pérennité environnementale en agriculture, nous avons employé un cadre conceptuel qui caractérise les aspects environnementaux et les effets des pratiques de la production agricole. Ce cadre, appelé « facteurs – résultats – réactions », prend en compte trois grands éléments qui, lorsqu'ils sont appliqués à la pérennité agroenvironnementale, peuvent se décrire comme suit :

- ***Facteurs :*** les contraintes environnementales qui peuvent influer sur d'importants aspects de la production agricole, comme le choix des cultures et les pratiques de conduite de la production.
- ***Résultats :*** les effets ultimes de la production agricole sur la santé de l'environnement (sol, air, eau, biodiversité).
- ***Réactions :*** l'application par les producteurs des options de gestion clés qui influent sur l'action de l'agriculture sur l'environnement.

Bien que ce cadre constitue un contexte d'élaboration d'indicateurs particuliers, la production agricole, ses interactions et ses liens avec l'environnement sont complexes et comportent de multiples facettes. Des facteurs ou des réactions additionnels (non environnementaux) comme les marchés, les politiques gouvernementales et les dépenses privées agissent également sur la performance environnementale du secteur. Bien que ces facteurs additionnels ne soient pas couverts dans la présente évaluation, le chapitre 3 discute des efforts en cours pour les lier aux indicateurs agroenvironnementaux.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Les indicateurs agroenvironnementaux couverts dans le présent rapport sont conçus pour être sensibles aux changements des principales pratiques d'aménagement des terres et de gestion agricole, pour se prêter à de vastes échelles spatiales et pour cibler les effets négatifs et positifs du secteur agricole sur l'environnement. En général, ils appartiennent à l'une des trois catégories suivantes :

- ***indicateurs de risque :*** estimation de la probabilité d'un effet environnemental possible;
- ***indicateurs d'état :*** estimation de l'existence et de l'ampleur réelles d'un effet;
- ***indicateurs de l'écoefficacité :*** estimation de l'efficience de l'utilisation des ressources, en règle générale en comparant les intrants et les extrants de certaines matières.

Les indicateurs agroenvironnementaux sont calculés à l'aide de modèles ou de formules mathématiques qui intègrent des données biophysiques (sur le sol, le climat et le paysage), tirées principalement des *Pédo-paysages du Canada*, à des données sur l'aménagement des terres et la gestion agricole provenant du *Recensement de l'agriculture* et d'autres ensembles de données adaptées (provenant d'organismes provinciaux, du secteur privé, de la télédétection, etc.) généralisées pour brosser un tableau de la situation environnementale du paysage à un moment donné. Ces modèles et formules mathématiques ont été adaptés ou élaborés à

partir de connaissances scientifiques des interactions de divers aspects des pratiques agricoles avec l'environnement. Cette approche a été choisie plutôt que, par exemple, l'utilisation d'un suivi environnemental détaillé, parce qu'elle se prête bien à des calculs sur de grandes superficies, elle permet de cerner l'effet spécifique de l'agriculture sur l'environnement et elle permet d'éliminer les décalages entre les changements dans l'utilisation des terres ou dans les modes de gestion et l'impact réel mesurable. De plus, cette approche est compatible avec les modèles prédictifs intégrant l'environnement et l'économie, qui sont utilisés pour l'analyse des politiques (voir le chapitre 5).

Les résultats résumés du Recensement de l'agriculture, d'enquêtes spéciales comme l'Enquête sur la *gestion agroenvironnementale* (Statistique Canada, Division de l'agriculture, 2002) ou de combinaisons de ces deux sources ont aussi été utilisés dans le présent rapport pour compléter l'information fournie par les indicateurs agroenvironnementaux. Sans être considérés comme des indicateurs en eux-mêmes, ces résultats ont toutefois leur importance dans la réalisation d'une évaluation complète de la pérennité environnementale de l'agriculture.

**Cadre géospatial :** Les indicateurs sont conçus pour donner une estimation des changements et des tendances en fonction du temps et de l'espace. La plupart des indicateurs font appel à une suite de données qui sont recueillies à diverses échelles temporelles et géographiques. Beaucoup d'efforts sont consacrés à la mise au point de méthodes appropriées d'interprétation et d'intégration de ces données dans un cadre géospatial commun qui permet le calcul de l'indicateur.

Les unités spatiales, ou les zones utilisées pour la plupart des calculs sur les modèles d'indicateurs qui font l'objet du présent document, sont les *polygone*s de la série cartographique des Pédo-paysages du Canada (PPC). Ces cartes illustrent des renseignements généralisés sur les sols et les paysages à une échelle de 1:1 million et sont intégrées au *Cadre écologique national pour le Canada*. En 2004, les polygones des PPC (unités de paysage) couvrant les régions agricoles du Canada ont été actualisés pour délimiter plus précisément leurs frontières et, surtout, pour inclure des renseignements additionnels sur les sols des unités cartographiques des polygones. La taille des polygones varie, allant d'environ 10 000 ha à 1 million ha. L'utilisation de ces unités cartographiques permet d'intégrer les données sur les sols et les paysages aux données sur la gestion des exploitations agricoles aux fins du calcul des indicateurs. Les résultats peuvent alors être regroupés et rapportés à de plus grandes échelles appropriées à une évaluation nationale comme la présente.

Un ensemble commun de polygones agricoles des PPC a été utilisé pour calculer les indicateurs agroenvironnementaux présentés dans ce rapport. Pour la majeure partie du Canada, pour que les polygones inclus dans cet ensemble, leurs superficies devaient comprendre au moins 5 p. 100 des terres agricoles lors de chacune des années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001. En raison de ces exigences, bon nombre des polygones des régions limitrophes, où les activités agricoles sont fortement dispersées, ont été exclus des calculs. L'agriculture au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut a été exclue de l'étude, comme l'agriculture le long des extrémités nord ou dans les régions reculées des provinces. Dans les provinces de l'Atlantique, où l'agriculture peut ne représenter que de faibles portions des polygones de PPC, toutes les régions où l'agriculture a été déclarée durant les années de recensement ont été incluses dans l'analyse. La figure 2-1 montre une carte de 2 780 polygones qui satisfaisaient à ces critères, définissant ainsi l'étendue de la zone agricole couverte par les indicateurs agroenvironnementaux du présent rapport.

**Réaffectation des données du Recensement de l'agriculture** (AAC 2004) : Le calcul de la plupart des indicateurs fait appel à des données sur les cultures, sur l'aménagement des terres, sur la gestion des terres et sur les élevages issues du Recensement de l'agriculture. Cependant, les données du recensement sont compilées en utilisant les unités géographiques de Statistique Canada qui correspondent aux frontières politiques et ne peuvent être facilement liées aux données biophysiques comme celles qui sont comprises dans les Pédo-paysages du Canada. On a conçu une méthode de pondération des zones pour calculer et réaffecter les données du recensement aux polygones de PPC. Statistique Canada supprime des données pour protéger la confidentialité des renseignements fournis par les producteurs après les réaffectations. AAC a donc estimé les valeurs pour les lieux dont les données ont été supprimées afin de les utiliser dans les calculs. Comme les frontières des zones de recensement changent d'une année à l'autre selon le nombre de répondants qui s'y trouvent, la réaffectation des données aux polygones de PPC a été effectuée pour chaque année de recensement.

***Figure 2-1 : Étendue de la zone agricole couverte par les indicateurs agroenvironnementaux***

Les données du Recensement de l'agriculture pour les années 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001 ont été employées pour la plupart des indicateurs, et les calculs ont donc été faits en général pour chacune de ces années.

## ■ LIMITES

Notre objectif dans la mise au point d'indicateurs agroenvironnementaux s'appliquant aux échelles nationale et régionale n'est pas de mesurer chaque facteur sur le terrain, mais plutôt de mettre à profit notre connaissance et notre compréhension des mécanismes en jeu dans l'évaluation des données disponibles. En conséquence, les résultats obtenus pour les indicateurs souffrent d'un certain nombre de limites générales qui sont décrites ici. Les limites particulières de chacun des indicateurs sont décrites dans le chapitre correspondant.

**Lacunes des connaissances :** La mise au point d'un indicateur dépend de notre compréhension des mécanismes des écosystèmes visés. La communauté scientifique ne peut produire d'évaluations crédibles de la santé de l'environnement sans avoir une bonne connaissance des fonctions, des transformations et des interrelations en jeu. Les méthodes de calcul en sont à divers stades de développement, le travail ayant commencé depuis quelque temps déjà dans certains domaines alors que dans d'autres, les efforts de détermination quantitative en sont à leurs premiers balbutiements. Parfois, on peut aussi manquer de connaissances sur les causalités et les liens entre indicateurs.

Dans cette évaluation, les indicateurs sont en général calculés à partir de modèles mathématiques ou d'algorithmes numériques qui ont été élaborés et éprouvés sur le terrain. Cette approche assure de

bons fondements théoriques qui aident à définir les interactions des pratiques de gestion avec les conditions du paysage et les mécanismes écologiques pour aboutir à un effet sur l'environnement. Cependant, toute modélisation est une estimation qui est limitée par nos connaissances scientifiques incomplètes, encore en évolution, sur ces interactions. Le degré de confiance diminue lorsque les modèles éprouvés sur le terrain sont appliqués à de plus grandes échelles. C'est ce qui explique que des évaluations nationales, comme la présente, soient limitées à des évaluations des risques possibles au lieu d'une détermination des effets physiques réels de l'agriculture sur l'environnement.

**Limites liées aux données :** Les données nécessaires au calcul des indicateurs n'ont pas toujours été disponibles ou ne sont pas disponibles pour l'ensemble du pays. Cette situation est créée soit parce qu'un paramètre particulier n'a pas été mesuré ou recensé, soit parce que des données ont été supprimées pour des motifs de confidentialité (p. ex., Statistique Canada peut supprimer le nombre d'animaux et les superficies connexes lorsque l'on ne retrouve que quelques cas d'une activité agricole particulière dans un secteur de dénombrement donné). À l'étape du regroupement par province ou *écozone*, il peut en résulter une perte considérable de données, et les résultats s'en trouvent donc faussés. On met au point des démarches de remplacement qui seront, lorsque cela est possible, utilisées pour surmonter ces limites et obtenir ou estimer les données manquantes.

*Les indicateurs agroenvironnementaux sont des outils scientifiques qui peuvent être employés pour avoir une idée de la pérennité environnementale de l'agriculture.*

Les indicateurs sont souvent calculés à partir de données qui ont été réaffectées à une échelle spatiale différente de celle à laquelle elles ont été recueillies. À titre d'exemple de cette approche, citons la réaffectation des données du Recensement de l'agriculture de Statistique Canada aux polygones de Pédo-paysages du Canada. Des spécialistes ont mis au point des méthodes rationnelles pour réaliser ces réaffectations spatiales; cependant, il reste encore des facteurs qui peuvent donner lieu à des erreurs dans l'information. Dans de nombreuses régions du pays, l'agriculture est le mode dominant d'utilisation des terres, et des erreurs mineures dans cette affectation ne devraient pas modifier indûment les résultats de l'indicateur. Cependant, une bonne partie de la production agricole a lieu au Canada dans des paysages où l'agriculture n'est pas le mode dominant d'utilisation des terres, et certes où l'agriculture peut être pratiquée sur de si petites proportions de la superficie du polygone de PPC qu'il n'existe aucun moyen d'affirmer que la réaffectation des données est précise. On poursuit des efforts en vue d'améliorer ce processus de réaffectation par l'utilisation de données obtenues par satellite, de la vérification manuelle des données et des validations par rapport à des observations sur le terrain.

Grâce à de récentes améliorations apportées aux données de PPC, les sols et les paysages des polygones sont représentés dans une plus forte proportion dans les indicateurs; cependant, les données sur des propriétés précises des sols qui sont nécessaires au calcul de nombreux indicateurs sont souvent fondées sur des estimations relativement grossières, ce qui accroît l'incertitude entachant l'analyse de l'indicateur.

**Fiabilité :** Pour mettre au point des indicateurs agroenvironnementaux, les scientifiques sont obligés de fonctionner dans les limites de leur connaissance partielle du système et des précisions des données dont ils disposent. Toutes les données mesurées entrant dans le calcul des indicateurs sont entachées d'une incertitude intrinsèque. Pour le présent rapport, nous n'avons pu recourir à des méthodes statistiques pour déterminer le degré réel d'incertitude touchant les résultats des calculs des indicateurs. C'est là une lacune que nous nous proposons de combler dans les futurs analyses et rapports sur les indicateurs.

## ■ INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les indicateurs agroenvironnementaux sont des outils scientifiques d'importance, qui peuvent être employés pour avoir une idée de la pérennité environnementale de l'agriculture. Malgré leurs limites, ces indicateurs sont sensibles aux changements des pratiques de gestion agricole et peuvent révéler des profils de conditions et de risques environnementaux qui traduisent l'intensité de la production agricole dans diverses régions du

Canada. Ils permettent d'évaluer l'évolution de la tendance dans le temps et d'indiquer si le secteur agricole se dirige vers la pérennité environnementale ou s'il s'en éloigne. Dans cette perspective, ils peuvent servir à mettre en évidence des domaines ou d'autres recherches et enquêtes s'imposent avant que des mesures ne puissent être appliquées et apportent des renseignements additionnels utiles aux décideurs chargés de l'élaboration et de l'évaluation de la politique agricole. Les résultats des calculs des indicateurs présentés dans ce rapport ont pour objet de donner de l'information sur les conditions et les risques environnementaux en agriculture à l'échelle régionale et nationale. Cette information peut être employée pour dresser à l'intention des producteurs, des consommateurs et de la communauté internationale une fiche de rendement sur les grandes tendances de la performance environnementale de l'agriculture canadienne.

Les cartes présentant les résultats des calculs des indicateurs sont les plus récentes évaluations des conditions qui correspondent à l'état des indicateurs en 2001. Sur ces cartes, des PPC entiers ou d'autres polygones spatiaux reçoivent une valeur. Cependant, le lecteur doit être avisé que les résultats ne s'appliquent qu'à la portion de ces polygones qui est consacrée à l'agriculture et que, dans une région donnée, il y aura sans aucun doute des zones qui suscitent des préoccupations supérieures et inférieures que l'indicateur traduit par une valeur unique. Le résultat agrégé peut occulter la réalité locale et, pour cette raison, et compte tenu des diverses limites décrites précédemment, les indicateurs ne peuvent être considérés comme une image de la situation particulière d'un lieu, comme d'une ferme individuelle.

L'évolution des résultats d'un indicateur avec le temps est aussi importante que la condition ou l'état actuel de cet indicateur. Elle est en général présentée sous forme de tableaux, qui représentent les résultats réels pour le Canada et les provinces particulières pour chaque année au cours de laquelle l'indicateur a été calculé. Les interactions du secteur agricole avec l'environnement sont complexes, et il faut faire preuve de prudence en déduisant des interprétations globales des tendances observées

***Tableau 2-1** : Description des catégories pour les indicateurs de risque*

| Catégories | Signification | Implication |
|---|---|---|
| 1 – Très faible risque | En général, ce degré de risque est **négligeable**. Il est possible que la santé agroenvironnementale soit maintenue ou améliorée avec le temps. | Une analyse plus détaillée de la situation se justifie, pour comprendre les divers facteurs qui ont conduit à cette cote. Il serait peut être possible d'exporter les approches des politiques et des programmes à des zones où le risque est supérieur. |
| 2 – Faible risque | Dans de nombreux cas, ce degré de risque peut être **acceptable**. Il existe un faible risque que la santé agroenvironnementale soit dégradée de façon appréciable. | L'adoption continue de pratiques de gestion bénéfiques, mieux adaptées aux limites des ressources biophysiques, peut améliorer la pérennité dans certaines zones. Des mesures spécifiques ou programmes particuliers ne sont pas nécessairement justifiés. |
| 3 – Risque modéré | Il est important d'être **attentif** à la situation. Il existe un risque modéré que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée. | Il faut évaluer la tendance à converger vers la pérennité ou s'en éloigner.<br><br>Il faut probablement consacrer plus d'attention à la promotion locale de l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques afin de mieux tenir compte des limites des ressources biophysiques et de réduire ce risque. |
| 4 – Risque élevé | Une **préoccupation** élevée se justifie. Dans la situation actuelle, il existe un risque important que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée. | Il est probablement justifié de procéder à une évaluation locale plus approfondie. Des efforts additionnels et des mesures ciblées sont peut être nécessaires à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques. |
| **5 – Risque très élevé** | **Une attention immédiate est probablement requise. Dans les conditions actuelles, il existe un très fort risque que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.** | **Une évaluation locale plus poussée est nécessaire. Des mesures concrètes et ciblées sont peut être requises à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques. Il peut être nécessaire de penser à des modes d'utilisation des terres différents pour réduire ce risque.** |

Canada. Ils permettent d'évaluer l'évolution de la tendance dans le temps et d'indiquer si le secteur agricole se dirige vers la pérennité environnementale ou s'il s'en éloigne. Dans cette perspective, ils peuvent servir à mettre en évidence des domaines où d'autres recherches et enquêtes s'imposent avant que des mesures ne puissent être appliquées et apportent des renseignements additionnels utiles aux décideurs chargés de l'élaboration et de l'évaluation de la politique agricole. Les résultats des calculs des indicateurs présentés dans ce rapport ont pour objet de donner de l'information sur les conditions et les risques environnementaux en agriculture à l'échelle régionale et nationale. Cette information peut être employée pour dresser à l'intention des producteurs, des consommateurs et de la communauté internationale une fiche de rendement sur les grandes tendances de la performance environnementale de l'agriculture canadienne.

Les cartes présentant les résultats des calculs des indicateurs sont les plus récentes évaluations des conditions qui correspondent à l'état des indicateurs en 2001. Sur ces cartes, des PPC entiers ou d'autres polygones spatiaux reçoivent une valeur. Cependant, le lecteur doit être avisé que les résultats ne s'appliquent qu'à la portion de ces polygones qui est consacrée à l'agriculture et que, dans une région donnée, il y aura sans aucun doute des zones qui suscitent des préoccupations supérieures et inférieures que l'indicateur traduit par une valeur unique. Le résultat agrégé peut occulter la réalité locale et, pour cette raison, et compte tenu des diverses limites décrites précédemment, les indicateurs ne peuvent être considérés comme une image de la situation particulière d'un lieu, comme d'une ferme individuelle.

L'évolution des résultats d'un indicateur avec le temps est aussi importante que la condition ou l'état actuel de cet indicateur. Elle est en général présentée sous forme de tableaux, qui reprennent les résultats réels pour le Canada et les provinces particulières pour chaque année au cours de laquelle l'indicateur a été calculé. Les interactions du secteur agricole avec l'environnement sont complexes, et il faut faire preuve de prudence en déduisant des interprétations globales des tendances observées

***Tableau 2-1 : Description des catégories pour les indicateurs de risque***

| Catégories | Signification | Implication |
|---|---|---|
| 1 – Très faible risque | En général, ce degré de risque est négligeable. Il est possible que la santé agroenvironnementale soit maintenue ou améliorée avec le temps. | Une analyse plus détaillée de la situation se justifie, pour comprendre les divers facteurs qui ont conduit à cette cote. Il serait peut être possible d'exporter les approches des politiques et des programmes à des zones où le risque est supérieur. |
| 2 – Faible risque | Dans de nombreux cas, ce degré de risque peut être **acceptable**. Il existe un faible risque que la santé agroenvironnementale soit dégradée de façon appréciable. | L'adoption continue de pratiques de gestion bénéfiques, mieux adaptées aux limites des ressources biophysiques, peut améliorer la pérennité dans certaines zones. Des mesures (politiques ou programmes) particulières ne sont pas nécessairement justifiées. |
| 3 – Risque modéré | Il est important d'être **attentif à** la situation. Il existe un risque modéré que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée. | Il faut évaluer la tendance à converger vers la pérennité ou à s'en éloigner.<br><br>Il faut probablement consacrer plus d'attention à la promotion locale de l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques afin de mieux tenir compte des limites des ressources biophysiques et de réduire ce risque. |
| 4 – Risque élevé | Une **préoccupation** élevée se justifie. Dans la situation actuelle, il existe un risque important que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée. | Il est probablement justifié de procéder à une évaluation locale plus approfondie. Des efforts additionnels et des mesures ciblées sont peut être nécessaires à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques. |

Remarque : Un schéma semblable peut être appliqué aux indicateurs qui ne sont pas des indicateurs de risque, moyennant de légères variations dans la description des catégories, leur signification et leurs implications.

pour des indicateurs particuliers. Les tendances positives d'un indicateur peuvent conduire à des tendances négatives pour un autre. Un résumé national et provincial des tendances des indicateurs paraît à la section H.

L'approche idéale de l'évaluation de la pérennité environnementale des conditions et des risques identifiés par les indicateurs consiste à comparer les résultats avec des seuils de référence déterminés scientifiquement (comme des normes de qualité de l'environnement). Nous avons tenté de mettre au point un cadre de classification normalisée de tous les indicateurs (tableau 2-1), qui consiste en un système de classement en cinq catégories dont chacune correspond à une signification générale pour la pérennité environnementale ou à une implication donnée en matière de politique. Cependant, les seuils qui nous permettraient de différencier les cinq catégories ne sont en général pas disponibles, et la plupart des indicateurs ont été établis à partir de connaissances d'experts, une approche qui est sujette à une plus grande interprétation. AAC s'emploie actuellement, de concert avec Environnement Canada, à élaborer une approche systématique de l'établissement des seuils de référence.

Les indicateurs présentés dans ce rapport sont un outil de communication d'information sommaire sur d'importants enjeux d'un point de vue biophysique. Cependant, leur utilisation n'est pas strictement limitée à l'illustration d'un état actuel et de tendances. Si dans la plupart des cas l'orientation du changement peut ne faire aucun doute sur l'effet environnemental d'une augmentation ou d'une baisse d'un indicateur particulier, il est préférable de ne pas interpréter isolément les indicateurs. Il existe souvent d'importantes questions de compromis, et un indicateur ne peut être facilement interprété sans tenir compte d'un cadre plus vaste, comme la détermination des coûts et des avantages socio-économiques et environnementaux globaux associés à l'adoption d'autres pratiques d'aménagement ou de gestion des terres. Dans ses efforts en vue de mettre au point des indicateurs agroenvironnementaux, AAC conçoit également des outils et des approches permettant de lier ces indicateurs à des modèles économiques et stratégiques, afin d'orienter l'évaluation et l'élaboration de politiques et de programmes. L'emploi des indicateurs dans l'élaboration de politiques fait l'objet d'une discussion plus poussée au chapitre 5.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), 2004. *Recensement de l'agriculture : Pédo-paysages du Canada (PPC)*, vol. 3 et *Relevés hydrologiques du Canada Niveau des sous-sous aire de drainage*, version 5, réaffectation. Données non publiées à des fins de recherche. AAC, Ottawa (Ont.).

Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995. *Cadre écologique national pour le Canada*. Rapport et carte nationale à l'échelle 1/7 500 000. Agriculture et Agroalimentaire Canada et Environnement Canada, Ottawa (Ont.). http://sis.agr.gc.ca/siscan/publications/ecostrat/intro.html

McRae, T., C.A.S Smith et L.J. Gregorich (éd.), 2000. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/index_f.php *(Rubrique – documents connexes)*

Smith, C.A.S. et T. McRae, 2000. « Étude et évaluation de l'agriculture écologiquement durable », dans McRae, T., C.A.S Smith et L.J. Gregorich (éd.), *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/index_f.php *(Rubrique – documents connexes)*

Statistique Canada, 2002. *Gestion environnementale des fermes au Canada*. Statistique Canada, Division de l'agriculture, Ottawa (Ont). www.statcan.ca:8096/bsolc/francais/bsolc?catno=21-021-MIF

# B) Secteur de la transformation des aliments et des boissons

**AUTEURS :**
M. Marcotte, D. Maxime et Y. Arcand

## ■ CONTEXTE

L'industrie de la transformation des aliments et des boissons (IAB), classée parmi les industries manufacturières, est un intermédiaire d'importance de la chaîne alimentaire. Elle utilise près de la moitié de la production agricole primaire brute alors qu'environ 70 p. 100 des intrants des IAB sont, directement ou indirectement, d'origine agricole ou de la pêche. Ces intrants y sont transformés pour la consommation domestique (75 p. 100) et pour l'exportation (25 p. 100). Industrie d'importance dans toutes les provinces, elle est en général classée parmi les trois principaux secteurs manufacturiers pour ce qui est des livraisons et des emplois. L'industrie des aliments et des boissons applique une grande diversité de techniques pour atteindre ses deux objectifs primaires : effectuer la transformation recherchée (p. ex., la fabrication du pain) et stabiliser les aliments et les boissons pour les doter d'une plus longue durée de conservation (p. ex., la *pasteurisation* du lait). Les étapes et les procédés de fabrication de la plupart des aliments et boissons sont bien connus et appartiennent en général aux catégories suivantes :

- préparation de la matière première (lavage, découpage, mélange, *homogénéisation*);
- chauffage (stérilisation, pasteurisation);
- refroidissement (réfrigération, congélation);
- retrait de l'eau (séchage, évaporation, pressage, filtration);
- modification de la composition d'un produit (pH, sels, sucres, agents de conservation, fumage, *fermentation*);
- modification du milieu où se trouve le produit (oxygène dissout, atmosphère modifiée ou contrôlée, emballage actif);
- séparation/concentration des composants du produit agricole (extraction, technique de membrane, distillation).

*Cinq questions ont été cernées pour l'élaboration des indicateurs d'écoefficacité du secteur de la transformation des aliments et des boissons.*

Comme dans tous les autres secteurs, les usines de transformation d'aliments et de boissons doivent satisfaire à diverses normes sur la performance environnementale, qui peuvent être déterminantes dans la concurrence sur les marchés mondiaux. Pour fabriquer des aliments, l'industrie des aliments et des boissons utilise une quantité appréciable de ressources (matières premières ou ingrédients agricoles, énergie, eau). Elle produit également des émissions de gaz, des effluents liquides et des résidus organiques solides. Bien que, pour la plupart, les déchets d'emballage soient produits à l'échelon de la consommation, ils entrent pratiquement tous dans le circuit au stade de la transformation. Cinq questions (ou charges environnementales) ont été cernées pour l'élaboration des indicateurs d'écoefficacité du secteur de la transformation des aliments et des boissons :

- consommation d'énergie;
- production de gaz à effet de serre (GES);
- consommation d'eau et production d'eaux usées (p. ex., effluents et contaminants);
- production de résidus organiques solides;
- production de déchets d'emballage.

## ■ LES INDICATEURS

Les indicateurs seront fondés sur le concept d'écoefficacité, concept largement reconnu dans l'industrie manufacturière et qui est souvent employé pour aider cette dernière à caractériser et à atteindre des objectifs tant environnementaux qu'économiques (Verfaillie et Bidwell, WBCSD 2000). L'écoefficacité est définie comme un processus au cours duquel des biens et des services de plus grande valeur ou en plus grande quantité sont produits à partir de peu de matières premières et de moins d'eau et d'énergie, diminuant ainsi la consommation des ressources naturelles et la pollution (PRNEE 2001). Fondamentalement, les indicateurs comparent les facteurs environnementaux ou « charges » à la quantité de produits fabriquée. Bien qu'en fait le

***Tableau 2-2 : Plan de couverture des indicateurs de l'écoefficacité de l'industrie des aliments et des boissons***

| | | |
|---|---|---|
| **Sous-secteurs (code SCIAN)** | | |
| | 1 | Mouture de céréales et de graines oléagineuses excluant la fabrication des céréales de petit déjeuner (3112 – 31123) |
| | 2 | Fabrication de sucre et de confiseries (3113) |
| | 3 | Mise en conserve de fruits et de légumes et fabrication de spécialités alimentaires (3114) |
| | 4 | Fabrication de produits laitiers (3115) |
| | 5 | Fabrication de produits de viande (3116) |
| | 6 | Préparation et conditionnement de poissons et de fruits de mer (3117) |
| | 7 | Boulangeries et fabrication de tortillas incluant la fabrication de céréales de petit déjeuner (3118 + 31123) |
| | 8 | Fabrication de boissons (3121) |
| **Localisation** | | |
| | 1 | Provinces de l'Atlantique |
| | 2 | Québec |
| | 3 | Ontario |
| | 4 | Prairies |
| | 5 | Colombie-Britannique |
| | 6 | Canada |
| **Taille de l'entreprise** | | |
| | 1 | 10 à 49 employés |
| | 2 | 50 à 199 employés |
| | 3 | 200 employés ou plus |

Remarque : En raison du très faible nombre d'usines dans les Territoires du Nord-Ouest, au Yukon et au Nunavut, elles n'ont pu être indiquées dans notre recherche pour des motifs de protection de la confidentialité et de la vie privée.

résultat soit une cote d'intensité (l'inverse de l'efficacité), l'utilisation d'un dénominateur commun (unité de production matérielle) facilitera la comparaison à l'intérieur de chaque sous-secteur pour chacune des cinq questions d'intérêt.

Les indicateurs eux-mêmes sont rapportés selon un plan de couverture, fonction du sous-secteur, de la situation géographique et de la taille de l'usine de transformation (voir le tableau 2-2). De la sorte, il sera possible d'évaluer les tendances de la performance environnementale selon la taille des établissements et la région à l'intérieur d'un même secteur. En raison des différences inhérentes aux divers segments du secteur, la comparaison des indicateurs entre secteurs ne sera pas possible, sauf pour un élément de l'indicateur des gaz à effet de serre, qui ne repose pas sur des unités de production matérielle. Les résultats des indicateurs sont relatifs, les performances particulières étant classées par rapport aux exploitations qui présentent la meilleure écoefficacité dans le secteur.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Une approche d'inventaire (bilans de masse et d'énergie entre les intrants et les extrants) aux échelons du procédé et de l'usine sera utilisée pour déterminer quantitativement les indicateurs pour chacune des cinq catégories mentionnées précédemment, d'une façon intégrée. Cette approche est nécessaire pour éviter la double comptabilisation et pour tenir compte des mouvements de la pollution (figure 2-2). Par exemple, les eaux de lavage (effluent liquide) peuvent être traitées sur place pour en extraire les solides et la charge polluante, mais les *boues* qui en résultent deviennent des résidus organiques solides qui sont fréquemment envoyés à un site de décharge. La méthode sera fondée sur des normes de gestion environnementale et d'évaluation du cycle de vie (p. ex., ISO 14000, ISO 14040). Des données extraites d'enquêtes spécialisées ou d'expériences sur place dans les usines de production serviront à calculer les divers paramètres nécessaires.

Les concepts des indicateurs seront d'abord éprouvés, évalués et validés en employant des données d'anciennes enquêtes [p. ex., l'Enquête annuelle sur les industries manufacturières (Statistique Canada 2005a) et l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie (Statistique Canada 2005b) et les Études sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie (Environnement Canada 2003)]. Des usines particulières seront alors l'objet d'enquêtes selon le plan de couverture précédent pour recueillir des données qui ne sont pas facilement disponibles (p. ex., les résidus organiques solides, la qualité de l'eau des effluents) et pour actualiser les données des enquêtes (p. ex., la consommation d'eau). On prévoit aussi des diagnostics sur place pour mesurer les paramètres ou pour recueillir des données qui ne peuvent être obtenues par le canal des enquêtes (p. ex., la production de gaz à effet de serre durant un procédé, la quantité d'eau consommée pour des activités particulières, etc.). Cette donnée aidera à mettre au point des coefficients qui pourront alors être utilisés de concert avec les résultats d'enquêtes pour estimer les valeurs manquantes nécessaires au calcul de l'indicateur.

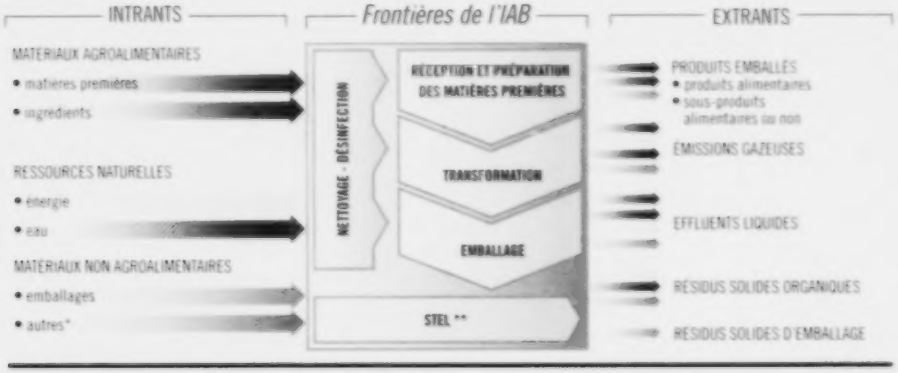
## ■ LIMITES

Les principales limites du calcul de ces indicateurs seront la disponibilité et la qualité des données nécessaires. Bien qu'il existe des plans pour combler les carences les plus pressantes dans les données, en complétant les données d'enquête actuelles par une série de diagnostics sur place, à l'usine (10 à 20 par année) sur une période de quatre ans, certaines lacunes demeureront.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

En pratique, la performance environnementale du secteur de la transformation des aliments et des boissons dépend des pratiques des usines, notamment de leurs politiques internes, de leur système de gestion et du degré de sensibilisation des employés ainsi que des procédés de fabrication eux-mêmes. Certaines des pratiques disponibles peuvent être groupées parmi les « meilleures pratiques d'exploitation » (MPE), comme celles qui ont récemment été décrites dans une publication de la Commission européenne (CCR, IPTS 2003). Trois

***Figure 2-2 : Approche d'inventaire utilisée pour quantifier les indicateurs pour l'industrie de transformation des aliments et des boissons***




* Substances non incorporées aux aliments (ex : produits de nettoyage)
** Système de traitement des effluents liquides (si présent)

critères sont en général utilisés pour accorder une priorité à ces pratiques et les classer : le coût de l'investissement nécessaire à leur adoption, la détermination quantitative des avantages anticipés pour l'environnement (rendus évidents par les indicateurs) et la période de rentabilisation. Une fois calculés, les indicateurs jetteront la lumière sur la mesure dans laquelle ces meilleures pratiques d'exploitation sont appliquées et, dans un certain sens, permettront de déterminer quantitativement les efforts consacrés par une société à la protection de l'environnement (Richard 2003; Industrie Canada 2001). À mesure que la mise au point des indicateurs avancera, la contribution quantitative particulière de certaines MPE sera déterminée.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Environnement Canada, 2003. *Utilisation industrielle de l'eau, 1996*. Environnement Canada, Direction de l'utilisation durable des eaux, Ottawa (Ont). www.ec.gc.ca/water/fr/info/pubs/sss/f_ind96.htm

Centre commun de recherche de la Commission européenne (CCR), Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), 2003. *Integrated Pollution Prevention Control (IPPC): Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry*. Séville (Espagne). www.epa.ie/Licensing/IPPCLicensing/BREFDocuments/FileUpload,501,en.pdf

Hendrik, A. Verfaillie et Robin Bidwell (éd), 2000. *Measuring Eco-efficiency: A Guide to Reporting Company Performance*. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Genève (Suisse). www.wbcsd.org/DocRoot/RvsdQEHXvwt12dx39nCF/MeasuringEE.pdf

Industrie Canada, 2001. *Réaliser l'écoefficacité en trois étapes*. Industrie Canada, Ottawa (Ont.). http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/inee-ee.nsf/vwapj/FRecotool.PDF/$FILE/FRecotool.PDF

Richard, F. (éd.), 2003. *Guide de gestion des matières résiduelles à l'intention des dirigeants de PME – Version canadienne*. Éditions Ruffec et NI Environnement, Montréal (Qc). www.qc.ec.gc.ca/dpe/Francais/dpe_main_fr.asp?innov_guide_mat_residuelles

Statistique Canada, 2005a. *Enquête annuelle des manufactures*. Statistique Canada, Ottawa (Ont.). www.statcan.ca/francais/sdds/2103_f.htm

Statistique Canada, 2005b. *Enquête annuelle sur la consommation d'énergie*. Statistique Canada, Ottawa (Ont.). www.statcan.ca/francais/sdds/5047_f.htm

Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE), 2001. *Indicateurs de l'écoefficacité – guide : calcul des indicateurs de l'écoefficacité : guide à l'intention de l'industrie*. TRNEE, Ottawa (Ont.). www.nrtee-trnee.ca/Publications/HTML/Complete-Documents/Eco-efficiency_ Workbook/index.html

# 3. Facteurs influant sur l'agriculture écologiquement durable

**AUTEURS :**
B. Junkins, H. Clark, R.J. MacGregor et T. McRae

**ADAPTATION DE :**
MacGregor et McRae, 2000

## ■ SOMMAIRE

*Les facteurs influant sur l'agriculture ont considérablement évolué au cours des 20 dernières années. La mondialisation, les pressions boursières et les innovations technologiques ont incité l'agriculture canadienne à augmenter sa production et sa productivité pour suivre le rythme croissant des demandes nationale et mondiale. Pour y parvenir, le secteur a procédé à des changements structuraux, certains ayant des répercussions environnementales. Au cours des deux dernières décennies, les préférences sociales des Canadiens ont également évolué. On a exprimé des préoccupations au sujet des coûts environnementaux liés à la production des aliments. Les Canadiens ont appuyé une gamme croissante d'ententes et de règlements nationaux et internationaux destinés à protéger les systèmes environnementaux avec lesquels l'agriculture interagit. Le secteur a répondu à ces facteurs de plusieurs façons. L'agriculture cherche de plus en plus à trouver des façons d'intégrer les facteurs environnementaux dans le processus de prise de décisions à la ferme et d'élaborer des politiques. Le secteur adopte sans cesse de nouvelles technologies, élabore et entreprend des initiatives volontaires pour améliorer les résultats environnementaux. Le présent chapitre examine quelques-uns des changements à ces facteurs qui semblent avoir influé sur le rendement environnemental du secteur agricole dans des façons mesurables au moyen des indicateurs agroenvironnementaux présentés dans le présent rapport.*

## ■ INTRODUCTION

L'agriculture est liée inextricablement aux tendances générales dans les domaines politique, économique et social. La mondialisation, les accords commerciaux, les demandes canadienne et mondiale changeantes, la structure évolutive du marché et les innovations technologiques influent tous sur les décisions des producteurs agricoles. Ces derniers tiennent compte du contexte d'exploitation d'ensemble modelé par ces facteurs et choisissent des stratégies de production qui leur permettront d'atteindre plus efficacement les résultats escomptés. Ces facteurs influent également sur les risques environnementaux et les avantages de la production agricole, qui peuvent varier de façon importante selon les méthodes de production choisies et les écosystèmes locaux auxquels ils s'appliquent. Le Cadre Facteurs–Résultats–Réactions utilisé pour guider l'élaboration des indicateurs agroenvironnementaux (se reporter au chapitre 2) intègre ces pressions socio-économiques (facteurs) qui influent sur les décisions de gestion (intervention) des agriculteurs et, en bout de ligne, la santé de l'environnement (résultat). Toutes les pressions, tous les résultats et toutes les interventions sont interdépendants.

Au cours du dernier siècle, ces facteurs ont évolué, devenant plus complexes et changeant encore plus rapidement au cours des dernières années. De nouveaux enjeux sont apparus au même moment où le secteur agricole continuait à élargir son approche environnementale, passant d'une approche de conservation limitée des ressources « à la ferme » à une approche qui tient compte des effets des exploitations agricoles sur l'écosystème plus large. Les facteurs continueront à évoluer tandis que les risques pour l'environnement demeureront une préoccupation à mesure que s'accroît la production. Nous aurons besoin d'une politique, d'une technologie et d'autres instruments pour tenir compte de ces facteurs afin d'atteindre tous les objectifs économiques, environnementaux et sociaux.

## ■ DEMANDE DU MARCHÉ

La population mondiale croissante, les revenus personnels disponibles plus élevés et l'espérance de vie accrue en Amérique du Nord et à l'étranger ont stimulé la demande mondiale en matière d'aliments. Comme les revenus augmentent à la fois dans les pays développés et dans les pays en développement, les préférences des consommateurs changent et les régimes deviennent plus variés, incluant des produits du bétail plus dispendieux,

des fruits et des légumes frais, ainsi que les céréales plus traditionnelles. On note également une plus forte demande de l'industrie pour obtenir des produits agricoles non alimentaires (p. ex., biocarburants, *bioplastiques*, matériaux de construction, *nutraceutiques*).

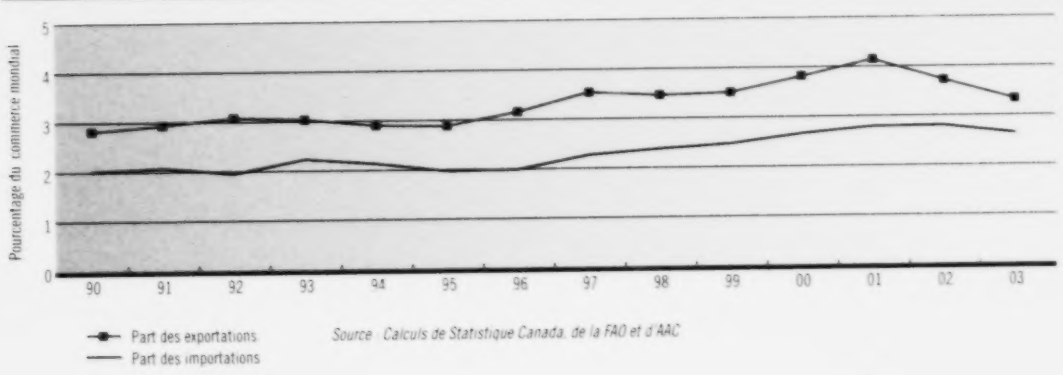
La mondialisation des marchés et la libéralisation du commerce ont accompagné la demande mondiale croissante pour obtenir des aliments et d'autres produits agricoles. Le Canada, de par son vaste territoire, sa faible population, ses grandes réserves d'eau et son industrie concurrentielle, a pu profiter de cette occasion offerte par le marché (figure 3-1). L'industrie elle-même a fixé des objectifs pour accroître le commerce agricole et agroalimentaire. Par exemple, en 1997, le Conseil canadien de commercialisation agroalimentaire a fixé l'objectif que le Canada atteigne une part de 4 p. 100 du commerce agricole et agroalimentaire mondial d'ici 2005. En fait, le Canada a atteint cet objectif en 2001. Les conditions climatiques et les forces du marché peuvent également avoir des conséquences néfastes sur la production et le commerce agricoles et agroalimentaires. Par exemple, la sécheresse, la fermeture de la frontière en raison de problèmes techniques (tels que la découverte d'un cas d'encéphalopathie spongiforme bovine) et l'appréciation du dollar canadien (gain de 30 p. 100 par rapport au dollar américain) sont tous des facteurs qui ont eu une incidence sur le commerce entre 2002 et 2004.

Le besoin d'accroître la compétitivité et la productivité dans l'économie mondiale a engendré des initiatives de recherche, des changements dans les politiques gouvernementales (telles que des programmes de soutien au revenu) et des efforts de commercialisation. Ce besoin a également mené à des changements structuraux dans l'industrie, y compris les suivants :

- élaboration et utilisation de nouvelles méthodes de production visant à accroître la compétitivité (systèmes de gestion améliorés tels que travail du sol, agriculture de précision);
- changements dans la composition des produits fabriqués, comme l'augmentation importante de la production de cultures spéciales (entre 1991 et 2001, la superficie cultivée des lentilles a triplé pour atteindre plus de 700 000 ha, alors que la superficie cultivée des pois a été multipliée par 9 pour atteindre plus de 1,7 million d'hectares);
- fermes plus grandes, spécialisation et intensité de la production pour réaliser des économies d'échelle (p. ex., émergence d'une industrie porcine plus grande et plus concentrée, corroborée par une augmentation de 26 p. 100 du nombre de porcs entre 1996 et 2001 et une diminution correspondante de 27 p. 100 du nombre d'exploitations agricoles déclarant élever des porcs);
- changements des pratiques d'utilisation et de gestion des terres (p. ex., épandage d'autres produits tels que l'*engrais* azoté, pour accroître la production).

À mesure que changent les signaux du marché, le secteur agricole du Canada cherche à s'adapter à la nouvelle situation. La réaction aux changements apportés aux facteurs pourrait donner lieu à des répercussions environnementales (qualité de l'air, du sol et de l'eau ainsi que biodiversité), qui pourraient nécessiter des mesures correctives.

***Figure 3-1 : Part du Canada dans le commerce des produits agricoles et agroalimentaires, 1990 à 2003***




*Source : Calculs de Statistique Canada, de la FAO et d'AAC*

## ■ PRÉFÉRENCES SOCIALES

Les préférences et les attentes de la population générale peuvent avoir une influence importante sur le secteur agricole et agroalimentaire. La réaction du secteur face aux demandes croissantes des consommateurs pour un approvisionnement alimentaire salubre et fiable est le reflet de cette influence. Les consommateurs canadiens et étrangers sont de plus en plus conscients de la valeur économique et écologique des ressources naturelles ainsi que des risques environnementaux de la production agricole. Les Canadiens appuient également le développement rural, l'emploi en milieu rural et la contribution de l'agriculture au revenu et au commerce du pays. De récents sondages d'opinion publique au Canada ont révélé que les répondants jugeaient que le rendement environnemental global du secteur agricole était positif, mais qu'ils se disaient préoccupés par certains aspects de la production agricole, tels que la pollution de l'air, de l'eau et du sol, l'utilisation de pesticides chimiques, les maladies animales pouvant se transmettre aux humains, les aliments génétiquement modifiés et la *biotechnologie* (GlobeScan 2003). Les choix des consommateurs peuvent également influer sur les pratiques de production agricoles qui agissent sur l'environnement. Par exemple, le marché croissant des aliments biologiques (cultures produites sans engrais chimiques ou pesticides synthétiques et non dérivées du génie génétique) pourrait, dans certains secteurs, mener à la réduction du risque de contamination de l'eau par les produits chimiques et les pesticides. Par contre, l'agriculture biologique pourrait augmenter le risque de contamination pathogène en raison de la plus grande utilisation d'engrais organiques et de fumier.

*La plupart des agriculteurs ne reçoivent aucune compensation pour leurs efforts déployés en vue de réduire les risques environnementaux.*

Les changements dans les attentes publiques reliées à l'environnement et aux aliments ont des ramifications directes pour le secteur agricole. De façon générale, les Canadiens appuient les initiatives de préservation et de protection environnementales. Les gouvernements ont répondu à leurs préoccupations en adoptant certaines stratégies qui, en bout de ligne, auront une influence sur la production agricole et la transformation des aliments. Parmi ces stratégies, notons l'appui à la recherche et à l'innovation technologiques, la mise en place de politiques et de programmes volontaires pour promouvoir une agriculture écologiquement durable et la promulgation de règlements pour protéger l'environnement.

La plupart des agriculteurs ne reçoivent aucune compensation pour leurs efforts déployés en vue de réduire les risques environnementaux. Cependant, le public tend à reconnaître de plus en plus les avantages environnementaux que procure l'agriculture, tels qu'un habitat faunique, de jolis paysages, le recyclage des effluents et des déchets solides, la réduction des émissions de gaz à effet de serre au moyen de *puits* de carbone et d'innovations telles que les digesteurs anaérobies, qui capturent les gaz biologiques. L'agrotourisme et les programmes parrainés par des groupes d'intérêt public peuvent permettre à des familles d'agriculteurs de tirer profit de ces avantages à l'avenir.

## ■ POLITIQUE GOUVERNEMENTALE

La politique gouvernementale fonctionne aux niveaux local, régional, provincial, national et international et a une grande influence sur l'utilisation des ressources agricoles. Depuis le début du XX$^{e}$ siècle, le principal objectif de la politique agricole canadienne est d'augmenter la production et de promouvoir la stabilité du revenu dans un secteur qui doit composer avec des conditions météorologiques variables, des prix volatils et une forte concurrence internationale. Au cours des deux dernières décennies, le gouvernement a financé la recherche agricole, a offert du capital à long terme pour financer la croissance et l'adoption de technologies, a mis sur pied des programmes de stabilisation du revenu, a éliminé des restrictions commerciales, a entretenu des offices de commercialisation (p. ex., la Commission canadienne du blé) et a géré les approvisionnements (produits laitiers et volaille). L'appui du gouvernement a atteint un sommet au cours des années 1970 et 1980 lorsque le montant total des subventions directes et indirectes (l'Estimation des subventions aux producteurs, ou ESP) a atteint environ 30 p. 100 de la valeur de la production.

Lorsqu'ils se sont aperçus que la grande partie de cet appui ne faisait que contrecarrer les mesures similaires des autres pays, la plupart des pays développés ont accepté, sous l'égide de

### *Tableau 3-1 : Exemples d'initiatives et de règlements environnementaux*

| **Initiative internationale** | **Répercussions sur l'agriculture** |
|---|---|
| Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (y compris le Protocole de Kyoto sur les émissions de gaz à effet de serre) | Élaboration d'une stratégie nationale d'intervention; restriction possible des émissions agricoles de gaz à effet de serre; potentiel du commerce des compensations (y compris les puits de sol). |
| Convention sur la diversité biologique (y compris le Protocole de Cartegena sur la prévention des risques biotechnologiques) des Nations Unies | Élaboration d'une stratégie canadienne sur la biodiversité pour promouvoir la conservation des cultures et la biodiversité du bétail, des habitats et des espèces. |
| Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone | Élimination de l'utilisation du bromure de méthyle (fumigant agricole) d'ici 2005. |
| Protocole pour réduire l'acidification, l'*eutrophisation* et l'ozone au niveau du sol de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (inclut le Canada et les É.-U.) | Restriction possible des émissions d'ammoniaque (les sources agricoles sont les engrais et le bétail) et les émissions des oxydes d'azote des véhicules agricoles. |
| Protocole sur les polluants organiques persistants de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe | Certains pesticides sont des POP, la plupart ont été bannis de l'agriculture canadienne. |
| Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement | Entente générale de collaboration pour contrôler les substances avec des effets hors frontières; le programme de gestion des produits chimiques pourrait influer sur l'utilisation de pesticides. |
| Plan nord-américain de gestion de la sauvagine | Pourrait avoir des répercussions sur l'utilisation des terres humides à l'intérieur des limites agricoles. |
| **Règlements fédéraux** | **Répercussions sur l'agriculture** |
| *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) | L'ammoniaque et les particules (y compris les particules de sol en suspension dans l'air) sont évalués en vertu de la LCPE; possibilité de restriction des émissions. |
| *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* | Nécessite l'évaluation des répercussions environnementales des projets avant la mise en œuvre; pourrait influer sur l'agriculture sur les terres fédérales ou dans les cas où des fonds ou des règlements fédéraux appuient ou approuvent des projets sur des terres privées. |
| *Loi sur les pêches* | Interdit la pollution des eaux habitées par le poisson; pourrait influer sur la gestion des canaux d'irrigation et de drainage ainsi que sur l'usage des pesticides. |
| *Loi sur les produits antiparasitaires* | Contrôle l'enregistrement et désigne l'utilisation des pesticides en fonction de l'environnement, de la santé humaine et d'autres facteurs. |
| *Loi sur les espèces en péril* | Restrictions possibles sur l'utilisation des terres agricoles qui fournissent un habitat aux espèces en péril. |
| **Règlements provinciaux et municipaux** | **Répercussions sur l'agriculture** |
| Plusieurs lois et règlements provinciaux ainsi que des projets de loi et des dispositions municipaux | Mesures de contrôle imposées sur une vaste gamme d'activités agricoles (p. ex., distance aux puits, conversion des terres agricoles, épandage de fumier, capacité d'entreposage du fumier, emplacement des grosses porcheries); les règlements varient selon la province et la municipalité. |

Source : MacGregor et McRae (2000)

l'Organisation mondiale du commerce et de l'Accord sur l'agriculture (ratifié en 1995), de réduire les mesures faussant les échanges. Le Canada a été un important promoteur de la réduction des subventions agricoles qui faussent les échanges, puisqu'on considère que les agriculteurs canadiens sont hautement concurrentiels pour la plupart des produits. De 2001 à 2003, l'ESP au Canada est demeurée à un niveau beaucoup plus bas qu'au cours des décennies précédentes, soit à environ 20 p. 100. Diverses réformes en sont responsables, dont l'élimination des subventions au transport des grains, le découplage des programmes de protection du revenu agricole de la production de produits spécifiques (afin que les agriculteurs puissent réagir aux signaux dominants du marché) et de nouvelles options de commercialisation pour les producteurs mises en place par la Commission canadienne du blé. L'ESP au Canada est maintenant comparable aux estimations des États-Unis et du Mexique et se trouve bien en-dessous des estimations du Japon et de l'Union européenne ainsi que de la moyenne de l'OCDE (Agriculture et Agroalimentaire Canada 2004).

Ce ne sont pas toutes les politiques gouvernementales qui visent à accroître la production. Bien que les agriculteurs soient depuis longtemps des gardiens et des protecteurs des ressources terrestres et aquatiques du Canada, les préoccupations croissantes selon lesquelles la production agricole accrue provoquerait des dommages à l'environnement ont poussé les gouvernements à se concentrer davantage sur l'amélioration du rendement environnemental des exploitations agricoles canadiennes et la mise en valeur des avantages conséquents. Les pressions mondiales liées à des enjeux tels que les changements climatiques, l'appauvrissement de la couche d'*ozone*, les polluants organiques, l'habitat faunique et la diversité biologique ont entraîné diverses initiatives internationales. De plus, tous les paliers de gouvernement ont adopté une vaste gamme de politiques et d'initiatives, qui ont eu des conséquences importantes sur la production agricole canadienne et l'environnement (tableau 3-1).

Les ministres fédéral, provinciaux et territoriaux de l'agriculture ont récemment élaboré un Cadre stratégique pour l'agriculture (CSA) exhaustif pour une durée de cinq ans (2003-2008). Le CSA se compose de cinq mesures principales, dont celle d'améliorer le rendement environnemental des exploitations agricoles du Canada. Des objectifs spécifiques ont été fixés pour assurer l'approvisionnement en eau, la qualité de l'eau, la qualité de l'air ainsi que la conservation de la *structure du sol* et de la biodiversité. Les objectifs de gestion incluent la mise en œuvre volontaire de plans agricoles environnementaux et l'adoption de *pratiques de gestion bénéfiques* (PGB) pour les exploitations agricoles. Lorsque des risques environnementaux sont cernés, des mesures incitatives ciblées encouragent les producteurs à adopter des PGB. Nous utiliserons des indicateurs agroenvironnementaux pour mesurer certains des objectifs de rendement fixés dans le cadre du CSA et en faire rapport.

En ce qui concerne l'environnement, l'agriculture demeure en grande partie non réglementée. Cependant, dans l'ensemble, la tendance s'accentue vers une plus grande intervention gouvernementale, surtout aux paliers provincial et municipal. Pour sa part, le gouvernement fédéral effectue des recherches agricoles, finance des programmes agroenvironnementaux, donne des renseignements sur le marché, détermine les pratiques de gestion bénéfiques pour l'environnement et en fait la promotion, réforme les politiques commerciales et respecte les engagements du Canada au niveau international. Dans le but d'inciter les agriculteurs à respecter les normes et les objectifs environnementaux, certains pays offrent des programmes agricoles en fonction du respect de l'environnement — pratique connue sous le nom d'observation intégrale. Le principal objectif du Canada à ce jour a consisté en des mesures volontaires et incitatives.

## ■ CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE

Au niveau des exploitations agricoles, les développements technologiques des 200 dernières années ont beaucoup modifié la façon dont les producteurs utilisent les ressources. L'explosion technologique qui a marqué la dernière partie du XX$^{e}$ siècle en est un excellent exemple. Les progrès technologiques remarquables des 10 à 20 dernières années incluent de nouveaux outils agricoles (p. ex., semoirs à semis direct), des améliorations importantes en technologie de l'information et en génie génétique de même que l'arrivée de l'agriculture de précision. Des changements structuraux ont également été apportés pour profiter d'économies d'échelle (p. ex., diminution du nombre d'exploitations agricoles, mais maintenant plus grandes, élevage intensif de bétail). Entre 1991 et 2001, l'utilisation de méthodes sans travail du sol a plus que quadruplé (passant de 7 à 30 p. 100 des *terres cultivées*), se traduisant par plusieurs répercussions positives sur l'environnement : amélioration de la qualité des sols, réduction de l'érosion, amélioration de la qualité de l'eau, réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce à une meilleure *séquestration du carbone* dans le sol et à une biodiversité améliorée. En 2001, 39 p. 100 des propriétaires d'exploitations agricoles recensées possédaient un ordinateur pour faciliter la gestion agricole, comparativement à 11 p. 100 en 1991. Ces développements font passer l'agriculture de la production physique à des activités qui misent davantage sur les connaissances et les habiletés. L'agriculture moderne se caractérise par une réduction de la main-d'œuvre physique et le passage à la spécialisation, à la concentration et à la consolidation. La spécialisation s'est répandue dans des régions entières où certaines cultures sont plus rentables. Auparavant, les exploitations agricoles dans de telles régions fournissaient une plus grande diversité de cultures aux marchés locaux. Puisque les prix des cultures spécialisées ont tendance à fluctuer, les agriculteurs ont également dû s'adapter en ajoutant de la valeur par le biais de la transformation, de la pénétration et du développement de marchés, de l'adoption de

méthodes de production pour les nouvelles cultures et de la vente de leurs cultures par le biais d'Internet ou d'agents commerciaux. Des institutions telles que la Commission canadienne du blé ont dû adapter leurs méthodes de vente en raison des besoins et des attentes changeants des agriculteurs. Pour la plupart des produits, la distance des marchés n'est plus le facteur le plus important dans le choix du lieu de production. Le choix du bon environnement physique et économique est un facteur clé pour connaître le succès dans le marché mondial concurrentiel d'aujourd'hui.

Les répercussions environnementales des progrès technologiques font l'objet d'importants débats. Certaines technologies ont eu des répercussions négatives imprévues sur l'environnement. Par exemple, bien que le bromure de méthyle, employé à titre de *fumigant*, ait été utile à l'agriculture pendant quelques années, son utilisation est progressivement éliminée en raison de ses répercussions négatives sur l'ozone stratosphérique. Lorsque ces effets négatifs ont été décelés, il y a eu création d'un nouveau facteur pour susciter le changement. En ce sens, il s'agit de contrôler l'utilisation répandue de ces produits chimiques et de chercher de meilleures solutions de rechange. À l'inverse, il existe plusieurs exemples de nouvelles technologies et pratiques qui réduisent les risques environnementaux, telles que des méthodes biologiques de lutte contre les ravageurs, des systèmes améliorés de gestion du fumier, des régimes plus efficaces pour le bétail et du travail de conservation. La biotechnologie et le génie génétique offrent des avantages importants potentiels aux agriculteurs pour augmenter la production agricole. La tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes — les traits dominants des cultures génétiquement modifiées — peuvent aider à accroître la productivité des récoltes et à réduire l'utilisation de produits chimiques tels que des pesticides. Cependant, d'importants débats ont eu lieu au Canada et ailleurs au sujet du bien-fondé de cette technologie. De nombreux pays s'opposent aux produits génétiquement modifiés en raison des effets inconnus sur l'environnement et la santé humaine. Alors que les agriculteurs tirent profit de la biotechnologie sous forme d'une réduction des coûts de contrôle des ravageurs et des mauvaises herbes, les consommateurs sont inquiets de la façon dont les OGM et la biotechnologie pourraient avoir des répercussions sur les produits alimentaires vendus au Canada (GlobeScan 2003).

Une autre technologie émergente recourt aux matières agricoles de base, telles que les grains et la cellulose : la production de biocarburants. L'augmentation des prix des combustibles fossiles, de meilleures récoltes et des prix du grain plus faibles ont suscité l'intérêt dans la production nationale d'*éthanol* et d'autres biocarburants. Certains intervenants voient les combustibles renouvelables comme une façon d'aider à honorer l'engagement du Canada à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (p. ex., entraînant l'utilisation de mélanges d'éthanol) dans le cadre du protocole de Kyoto. Les facteurs économiques de la production de biocarburants et les répercussions du cycle de vie sur l'environnement nécessitent des études plus poussées.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2004. *Revenu agricole, situation financière et aide gouvernementale – Recueil de données*. AAC, Direction de la recherche et de l'analyse, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/spb/fiap-dpraa/publications/dbkrdd/2004/sep2004/databook_web_f.pdf

GlobeScan Inc., 2003. *Food Issues Monitor – Canada Tables*. GlobeScan, Toronto (Ont.).

MacGregor, R.J. et T. McRae, 2000. « Facteurs influant sur l'agriculture écologiquement durable ». Chapitre 3 dans *L'agriculture écologiquement durable au Canada – Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*, édité par T. McRae, C.A.S. Smith et L.J. Gregorich. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/index_f.php *(Rubrique – documents connexes)*

# 4. Vue d'ensemble de l'agriculture au Canada

**COMPILATION DES STATISTIQUES :**
Nathan Niu et Stéphanie Proux

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 2001

## CANADA

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 998,5 millions ha |
| Superficie totale des terres | 909,4 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 67,5 millions ha |
| Terres cultivées | 61 % |
| Terres de pâturage | 30 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 9 % |
| Superficie agricole moyenne | 273 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 126 millions |
| Bovins et veaux | 16 millions |
| Porcs et porcelets | 14 millions |
| Vaches laitières | 1 million |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 247 milliers |
| Nombre total de familles | 188 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 346 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 50 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 40 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 48 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 12 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 8,1 milliards $ |
| Revenu monétaire total | 36,3 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 28,2 milliards $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 22 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 31 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 14 % |
| Plus de 100 000 $ | 33 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Bovins et veaux | 7,9 milliards $ |
| Produits laitiers | 4,1 milliards $ |
| Porcs et porcelets | 3,8 milliards $ |
| Blé | 2,5 milliards $ |
| Volaille et œufs | 2,4 milliards $ |
| Produits floraux et de pépinière | 1,7 milliard $ |
| Canola | 1,7 milliard $ |
| Légumes | 1,5 milliard $ |
| Pommes de terre | 0,7 milliard $ |
| Maïs | 0,6 milliard $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 6,035 |
| Petits (moins de 50 salariés) | 81 % |
| Moyens (entre 50 et 199 salariés) | 14 % |
| Grands (plus de 200 salariés) | 5 % |
| Valeur totale des livraisons | 70,2 milliards $ |
| Fabrication d'aliments | 61,6 milliards $ |
| Produits de viande | 31 % |
| Produits laitiers | 16 % |
| Fruits et légumes | 9 % |
| Mouture de céréales et d'oléagineux | 9 % |
| Autres aliments | 35 % |
| Boissons | 8,6 milliards $ |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 7,4 milliards $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 26,6 milliards $ |
| Produits en vrac | 25 % |
| Produits intermédiaires | 25 % |
| Produits de consommation | 50 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 16,6 milliards $ |
| Japon | 2,4 milliards $ |
| Europe des 15 | 1,3 milliard $ |
| Mexique | 0,9 milliard $ |
| Chine | 0,8 milliard $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 19,2 milliards $ |
| Produits en vrac | 13 % |
| Produits intermédiaires | 16 % |
| Produits de consommation | 71 % |
| Principaux marchés d'importation | |
| États-Unis | 12,3 milliards $ |
| Europe des 15 | 2,4 milliards $ |
| Australie | 0,6 milliard $ |
| Mexique | 0,4 milliard $ |
| Nouvelle-Zélande | 0,4 milliard $ |

| Contribution au PIB | |
|---|---|
| Secteur agroalimentaire | 28,1 milliards $ |
| Agriculture primaire | 6,8 milliards $ |
| Transformation des aliments | 21,3 milliards $ |

# ■ COLOMBIE-BRITANNIQUE

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 94,5 millions ha |
| Superficie totale des terres | 92,5 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 2,6 millions ha |
| Terres cultivées | 25 % |
| Terres de pâturage | 56 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 19 % |
| Superficie agricole moyenne | 128 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 18,8 millions |
| Bovins et veaux | 815 milliers |
| Porcs et porcelets | 166 milliers |
| Vaches laitières | 71 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 20 milliers |
| Nombre total de familles | 15 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 30 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 51 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 47 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 45 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 8 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 0,4 milliard $ |
| Revenu monétaire total | 2,2 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 1,8 milliard $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 50 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 26 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 7 % |
| Plus de 100 000 $ | 17 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Produits floraux et de pépinière | 394 millions $ |
| Produits laitiers | 364 millions $ |
| Bovins et veaux | 348 millions $ |
| Volaille et oeufs | 330 millions $ |
| Légumes | 293 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 906 |
| Valeur totale des livraisons | 5,5 milliards $ |
| Fabrication d'aliments | 4,5 milliards $ |
| Produits de viande | 27 % |
| Poisson et fruits de mer | 16 % |
| Produits laitiers | 16 % |
| Produits alimentaires pour animaux | 11 % |
| Autres aliments | 30 % |
| Boissons | 1,0 milliard $ |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | -(1,2 milliard $) |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 1,4 milliard $ |
| Produits en vrac | 3 % |
| Produits intermédiaires | 30 % |
| Produits de consommation | 67 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 990 millions $ |
| Japon | 166 millions $ |
| Chine | 40 millions $ |
| Hong Kong | 26 millions $ |
| Taiwan | 23 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 2,6 milliards $ |
| Produits en vrac | 8 % |
| Produits intermédiaires | 13 % |
| Produits de consommation | 79 % |

# ■ ALBERTA

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 66.2 millions ha |
| Superficie totale des terres | 64.2 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 21.1 millions ha |
| Terres cultivées | 52 % |
| Terres de pâturage | 42 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 6 % |
| Superficie agricole moyenne | 393 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 12.2 millions |
| Bovins et veaux | 6.6 millions |
| Porcs et porcelets | 2.0 millions |
| Vaches laitières | 84 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 54 milliers |
| Nombre total de familles | 41 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 76 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 50 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 42 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 50 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 8 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 1.9 milliard $ |
| Revenu monétaire total | 8.4 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 6.4 milliards $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 19 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 33 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 16 % |
| Plus de 100 000 $ | 32 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Bovins et veaux | 3.9 milliards $ |
| Blé | 691 millions $ |
| Canola | 586 millions $ |
| Porcs et porcelets | 572 millions $ |
| Produits laitiers | 348 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 551 |
| Valeur totale des livraisons | 9.3 milliards $ |
| Fabrication d'aliments | 8.4 milliards $ |
| Produits de viande | 61 % |
| Produits laitiers | 10 % |
| Mouture de céréales et d'oléagineux | 9 % |
| Produits alimentaires pour animaux | 7 % |
| Autres aliments | 13 % |
| Boissons | 0.9 milliard $ |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 4.7 milliards $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 6.0 milliards $ |
| Produits en vrac | 30 % |
| Produits intermédiaires | 30 % |
| Produits de consommation | 40 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 3.2 milliards $ |
| Japon | 781 millions $ |
| Mexique | 410 millions $ |
| République populaire de Chine | 281 millions $ |
| Iran | 133 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 1.2 milliard $ |
| Produits en vrac | 7 % |
| Produits intermédiaires | 23 % |
| Produits de consommation | 70 % |

## ■ SASKATCHEWAN

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 65,1 millions ha |
| Superficie totale des terres | 59,2 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 26,3 millions ha |
| Terres cultivées | 70 % |
| Terres de pâturage | 25 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 5 % |
| Superficie agricole moyenne | 519 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 4,7 millions |
| Bovins et veaux | 2,9 millions |
| Porcs et porcelets | 1,1 million |
| Vaches laitières | 30 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 51 milliers |
| Nombre total de familles | 39 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 66 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 50 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 36 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 51 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 12 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 1,8 milliard $ |
| Revenu monétaire total | 6,5 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 4,7 milliards $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 13 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 32 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 20 % |
| Plus de 100 000 $ | 35 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Blé | 1,3 milliard $ |
| Bovins et veaux | 1,2 milliard $ |
| Canola | 749 millions $ |
| Orge | 301 millions $ |
| Porcs et porcelets | 233 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 169 |
| Valeur totale des livraisons | 1,9 milliard $ |
| Fabrication d'aliments | 1,8 milliard $ |
| Produits de viande | 42 % |
| Mouture de céréales et d'oléagineux | 32 % |
| Produits alimentaires pour animaux | 10 % |
| Autres aliments | 16 % |
| Boissons | 74 millions $ |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 4,2 milliards $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 4,5 milliards $ |
| Produits en vrac | 70 % |
| Produits intermédiaires | 26 % |
| Produits de consommation | 4 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 1,1 milliard $ |
| Japon | 508 millions $ |
| Chine | 343 millions $ |
| Mexique | 253 millions $ |
| Iran | 195 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 287 millions $ |
| Produits en vrac | 13 % |
| Produits intermédiaires | 33 % |
| Produits de consommation | 54 % |

# ■ MANITOBA

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 64,8 millions ha |
| Superficie totale des terres | 55,4 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 7,6 millions ha |
| Terres cultivées | 65 % |
| Terres de pâturage | 26 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 9 % |
| Superficie agricole moyenne | 361 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 8,0 millions |
| Porcs et porcelets | 2,5 millions |
| Bovins et veaux | 1,4 million |
| Vaches laitières | 42 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 21 milliers |
| Nombre total de familles | 16 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 29 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 49 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 34 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 52 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 14 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 0,9 milliard $ |
| Revenu monétaire total | 3,7 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 2,8 milliards $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 18 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 29 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 17 % |
| Plus de 100 000 $ | 37 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Porcs et porcelets | 806 millions $ |
| Bovins et veaux | 570 millions $ |
| Blé | 455 millions $ |
| Canola | 364 millions $ |
| Produits laitiers | 158 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 207 |
| Valeur totale des livraisons | 2,7 milliards $ |
| Fabrication d'aliments | 2,4 milliards $ |
| Produits de viande | 39 % |
| Produits alimentaires pour animaux | 14 % |
| Mouture de céréales et d'oléagineux | 11 % |
| Autres aliments | 36 % |
| Boissons | 212 millions $ |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 2,3 milliards $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 3,0 milliards $ |
| Produits en vrac | 43 % |
| Produits intermédiaires | 33 % |
| Produits de consommation | 24 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 1,5 milliard $ |
| Japon | 427 millions $ |
| Mexique | 171 millions $ |
| Chine | 142 millions $ |
| Iran | 89 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 734 millions $ |
| Produits en vrac | 15 % |
| Produits intermédiaires | 28 % |
| Produits de consommation | 57 % |

# ■ ONTARIO

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 107,6 millions ha |
| Superficie totale des terres | 91,8 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 5,5 millions ha |
| Terres cultivées | 67 % |
| Terres de pâturage | 16 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 17 % |
| Superficie agricole moyenne | 92 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 44 millions |
| Porcs et porcelets | 3,5 millions |
| Bovins et veaux | 2,1 millions |
| Vaches laitières | 364 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 60 milliers |
| Nombre total de familles | 47 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 85 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 51 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 42 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 45 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 14 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 1,6 milliard $ |
| Revenu monétaire total | 8,5 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 6,9 milliards $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 26 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 32 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 11 % |
| Plus de 100 000 $ | 31 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Produits laitiers | 1,4 milliard $ |
| Bovins et veaux | 1,3 milliard $ |
| Porcs et porcelets | 946 millions $ |
| Produits floraux et de pépinière | 842 millions $ |
| Volaille et œufs | 833 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 1 932 |
| Valeur totale des livraisons | N/D |
| Fabrication d'aliments | 24,5 milliards $ |
| Produits de viande | 24 % |
| Produits laitiers | 15 % |
| Fruits et légumes | 13 % |
| Mouture de céréales et d'oléagineux | 13 % |
| Autres aliments | 36 % |
| Boissons | N/D |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | -(3,3 milliards $) |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 7,8 milliards $ |
| Produits en vrac | 6 % |
| Produits intermédiaires | 21 % |
| Produits de consommation | 73 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 6,7 milliards $ |
| Japon | 218 millions $ |
| Hong Kong | 135 millions $ |
| Royaume-Uni | 107 millions $ |
| Allemagne | 64 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 11,1 milliards $ |
| Produits en vrac | 13 % |
| Produits intermédiaires | 15 % |
| Produits de consommation | 72 % |

# ■ QUÉBEC

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 154,2 millions ha |
| Superficie totale des terres | 136,5 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 3,4 millions ha |
| Terres cultivées | 54 % |
| Terres de pâturage | 11 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 35 % |
| Superficie agricole moyenne | 106 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 29,2 millions |
| Porcs et porcelets | 4,3 millions |
| Bovins et veaux | 1,4 million |
| Vaches laitières | 407 milliers |

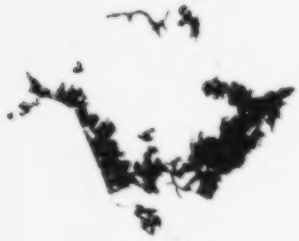
| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 32 milliers |
| Nombre total de familles | 23 milliers |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 47 milliers |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 47 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 37 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 44 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 18 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 1,3 milliard $ |
| Revenu monétaire total | 5,8 milliards $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 4,5 milliards $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 17 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 27 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 13 % |
| Plus de 100 000 $ | 44 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Produits laitiers | 1,5 milliard $ |
| Porcs et porcelets | 1,1 milliard $ |
| Volaille et œufs | 588 millions $ |
| Bovins et veaux | 533 millions $ |
| Légumes | 282 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 1 481 |
| Valeur totale des livraisons | N/D |
| Fabrication d'aliments | 14,2 milliards $ |
| Produits de viande | 32 % |
| Produits laitiers | 23 % |
| Fruits et légumes | 6 % |
| Autres aliments | 38 % |
| Boissons | N/D |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| Balance commerciale | 0,4 milliard $ |
| Exportations | |
| Total des exportations agricoles | 3,2 milliards $ |
| Produits en vrac | 4 % |
| Produits intermédiaires | 15 % |
| Produits de consommation | 82 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 2,4 milliards $ |
| Japon | 211 millions $ |
| Mexique | 41 millions $ |
| Cuba | 40 millions $ |
| France | 33 millions $ |
| Importations | |
| Total des importations agricoles | 2,8 milliards $ |
| Produits en vrac | 20 % |
| Produits intermédiaires | 16 % |
| Produits de consommation | 64 % |



# ■ NOUVEAU-BRUNSWICK

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 7,3 millions ha |
| Superficie totale des terres | 7,1 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 388 milliers ha |
| Terres cultivées | 39 % |
| Terres de pâturage | 12 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 50 % |
| Superficie agricole moyenne | 128 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 3,5 millions |
| Porcs et porcelets | 137 milliers |
| Bovins et veaux | 91 milliers |
| Vaches laitières | 19 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 3 034 |
| Nombre total de familles | 2 260 |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 3 900 |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 51 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 40 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 44 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 16 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 72 millions $ |
| Revenu monétaire total | 412 millions $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 340 millions $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 39 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 28 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 8 % |
| Plus de 100 000 $ | 26 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Pommes de terre | 100 millions $ |
| Produits laitiers | 68 millions $ |
| Volaille et oeufs | 65 millions $ |
| Produits floraux et de pépinière | 46 millions $ |
| Porcs et porcelets | 38 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 199 |
| Valeur totale des livraisons | 2,1 milliards $ |
| Fabrication d'aliments | 1,9 milliard $ |
| Poisson et fruits de mer | 45 % |
| Produits laitiers | 7 % |
| Produits alimentaires pour animaux | 6 % |
| Produits de boulangerie et tortillas | 3 % |
| Autres aliments | 39 % |
| Boissons | 210 millions $ |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 119 millions $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 378 millions $ |
| Produits en vrac | 0 % |
| Produits intermédiaires | 9 % |
| Produits de consommation | 91 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 308 millions $ |
| Japon | 30 millions $ |
| Philippines | 6 millions $ |
| Venezuela | 5 millions $ |
| Taïwan | 5 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 259 millions $ |
| Produits en vrac | 11 % |
| Produits intermédiaires | 14 % |
| Produits de consommation | 75 % |

# ■ NOUVELLE-ÉCOSSE

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 5,5 millions ha |
| Superficie totale des terres | 5,3 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 407 milliers ha |
| Terres cultivées | 29 % |
| Terres de pâturage | 14 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 57 % |
| Superficie agricole moyenne | 104 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 4,1 millions |
| Porcs et porcelets | 125 milliers |
| Bovins et veaux | 108 milliers |
| Vaches laitières | 24 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 3 923 |
| Nombre total de familles | 3 025 |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 5 070 |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 51 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 52 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 39 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 9 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 70 millions $ |
| Revenu monétaire total | 421 millions $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 351 millions $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 40 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 32 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 7 % |
| Plus de 100 000 $ | 22 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Produits laitiers | 96 millions $ |
| Volaille et œufs | 86 millions $ |
| Porcs et porcelets | 39 millions $ |
| Produits floraux et de pépinière | 35 millions $ |
| Bovins et veaux | 34 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 323 |
| Valeur totale des livraisons | N/D |
| Fabrication d'aliments | 2,0 milliards $ |
| Poisson et fruits de mer | 43 % |
| Autres aliments | 22 % |
| Produits laitiers | 16 % |
| Produits de viande | 13 % |
| Produits alimentaires pour animaux | 6 % |
| Boissons | N/D |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 6 millions $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 174 millions $ |
| Produits en vrac | 0 % |
| Produits intermédiaires | 8 % |
| Produits de consommation | 92 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 130 millions $ |
| Japon | 11 millions $ |
| Allemagne | 10 millions $ |
| Royaume-Uni | 5 millions $ |
| France | 3 millions $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 180 millions $ |
| Produits en vrac | 42 % |
| Produits intermédiaires | 3 % |
| Produits de consommation | 56 % |

# ■ ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 566 milliers ha |
| Superficie totale des terres | 566 milliers ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 261 milliers ha |
| Terres cultivées | 67 % |
| Terres de pâturage | 9 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 23 % |
| Superficie agricole moyenne | 142 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 365 milliers |
| Porcs et porcelets | 126 milliers |
| Bovins et veaux | 85 milliers |
| Vaches laitières | 15 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 1 845 |
| Nombre total de familles | 1 425 |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 2 455 |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 49 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 41 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 47 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 12 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 45 millions $ |
| Revenu monétaire total | 337 millions $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 292 millions $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 19 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 28 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 13 % |
| Plus de 100 000 $ | 40 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Pommes de terre | 124 millions $ |
| Produits laitiers | 52 millions $ |
| Porcs et porcelets | 34 millions $ |
| Bovins et veaux | 28 millions $ |
| Légumes | 10 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 88 |
| Valeur totale des livraisons | N/D |
| Fabrication d'aliments | 859 millions $ |
| Poisson et fruits de mer | 34 % |
| Autres aliments | 66 % |
| Boissons | N/D |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | 285 millions $ |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 288 millions $ |
| Produits en vrac | 0 % |
| Produits intermédiaires | 1 % |
| Produits de consommation | 99 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 265 millions $ |
| Venezuela | 4 millions $ |
| Trinité-et-Tobago | 4 millions $ |
| Uruguay | 2 millions $ |
| Barbade | 1 million $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 3 millions $ |
| Produits en vrac | 8 % |
| Produits intermédiaires | 16 % |
| Produits de consommation | 76 % |

## ■ TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

| Données sur les terres | |
|---|---|
| Superficie totale | 40,5 millions ha |
| Superficie totale des terres | 37,4 millions ha |
| Superficie totale des terres agricoles | 41 milliers ha |
| Terres cultivées | 21 % |
| Terres de pâturage | 24 % |
| Terres utilisées à d'autres fins | 55 % |
| Superficie agricole moyenne | 60 ha |

| Cheptel | |
|---|---|
| Volaille | 1,7 million |
| Bovins et veaux | 9 milliers |
| Vaches laitières | 5 milliers |
| Porcs et porcelets | 3 milliers |

| Caractéristiques des fermes | |
|---|---|
| Nombre total de fermes | 643 |
| Nombre total de familles | 430 |
| Nombre total d'exploitants agricoles | 790 |
| Âge moyen des exploitants agricoles | 51 ans |
| Niveau de scolarité des exploitants agricoles | |
| Postsecondaire et universitaire | 46 % |
| Entre la 9e et la 13e année | 37 % |
| Niveau inférieur à la 9e année | 16 % |

| Revenu agricole | |
|---|---|
| Revenu monétaire net | 8 millions $ |
| Revenu monétaire total | 79 millions $ |
| Dépenses d'exploitation totales | 71 millions $ |
| Répartition des fermes par catégorie de revenu | |
| Moins de 10 000 $ | 45 % |
| Entre 10 000 $ et 49 000 $ | 28 % |
| Entre 50 000 $ et 100 000 $ | 8 % |
| Plus de 100 000 $ | 20 % |

| Principaux extrants agricoles | |
|---|---|
| Produits laitiers | 27 millions $ |
| Volaille et œufs | 10 millions $ |
| Produits floraux et de pépinière | 10 millions $ |
| Légumes | 3 millions $ |
| Bovins et veaux | 2 millions $ |

| Industrie des aliments et boissons | |
|---|---|
| Nombre total d'établissements | 179 |
| Valeur totale des livraisons | N/D |
| Fabrication d'aliments | 1 million $ |
| Poisson et fruits de mer | 81 % |
| Autres aliments | 19 % |
| Boissons | N/D |

| Statistiques sur le commerce international | |
|---|---|
| **Balance commerciale** | -(14 millions $) |
| **Exportations** | |
| Total des exportations agricoles | 1 million $ |
| Produits en vrac | 0 % |
| Produits intermédiaires | 12 % |
| Produits de consommation | 88 % |
| Principaux marchés d'exportation | |
| États-Unis | 410 milliers $ |
| Royaume-Uni | 290 milliers $ |
| Allemagne | 250 milliers $ |
| Russie | 140 milliers $ |
| Saint-Pierre et Miquelon | 110 milliers $ |
| **Importations** | |
| Total des importations agricoles | 15 millions $ |
| Produits en vrac | 0 % |
| Produits intermédiaires | 1 % |
| Produits de consommation | 99 % |

## ■ SOURCES DES DONNÉES

La principale source de données pour l'utilisation des terres, la population de bétail, les caractéristiques des fermes et le revenu agricole est: Statistique Canada, 2001. *Recensement de l'agriculture.*

Principaux extrants agricoles : Statistique Canada, 2001. *Recettes monétaires agricoles.*

Industrie des aliments et boissons : Statistique Canada, 2001. *Enquête annuelle des manufactures.*

Commerce international, marchés d'importation et d'exportation, contribution au PIB : Statistique Canada, 2001. *Base de données sur le commerce international canadien de marchandises.*

Note : Il y a sous-déclaration d'un certain nombre des données provinciales sur le secteur agricole et agroalimentaire en raison du caractère confidentiel de ces données ou de lacunes dans les ensembles de données. Par conséquent, les totaux provinciaux peuvent ne pas correspondre aux valeurs présentées pour l'ensemble du Canada.

# 5. Comment relier science et politique

AUTEUR :
B. Junkins

## ■ SOMMAIRE

*Comprendre de quelle façon les changements apportés aux politiques et aux programmes agricoles influent sur les résultats économiques et environnementaux futurs du secteur est essentiel au déroulement du processus d'élaboration et d'évaluation des politiques. Pour atteindre ce niveau de compréhension, il faut faire le lien entre la science et les outils d'analyse de la politique. Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) a eu recours à une démarche multidisciplinaire pour élaborer ce type de modélisation intégrée qui fait le lien entre le Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada (MARAC), un modèle de politique, et des indicateurs agroenvironnementaux. Depuis quelques années, cette démarche d'analyse scientifique s'avère très utile pour analyser les politiques agricoles, et notamment pour évaluer les stratégies d'atténuation possibles des gaz à effet de serre (GES) et appuyer le choix des objectifs quantitatifs de rendement environnemental (CSA). Bien que la demande augmente pour ce type d'analyse, il reste encore de nombreuses questions de méthodologie à régler.*

## ■ INTRODUCTION

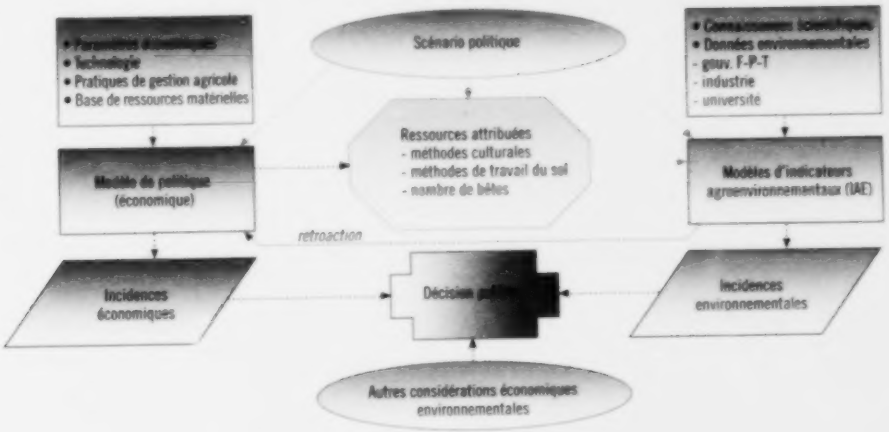
Les indicateurs agroenvironnementaux (IAE) fournissent une perspective historique du rendement environnemental du secteur agricole. Toutefois, pour que le secteur puisse gérer ses ressources naturelles de façon durable sur le plan de l'environnement, sur le plan social et sur le plan économique, il faut comprendre de quelle façon les politiques et les programmes agricoles influeront sur les résultats économiques et environnementaux du secteur et comment produire des résultats qui correspondent aux buts et aux objectifs des gouvernements. Le processus d'élaboration des politiques doit englober la science pour produire des données quantitatives fiables sur les effets environnementaux et ainsi appuyer les outils analytiques grâce auxquels cette information peut être intégrée au processus décisionnel. Dans le contexte actuel, cela signifie qu'il faut intégrer les modèles des indicateurs agroenvironnementaux aux modèles des politiques. Une fois intégrés, ces modèles serviront à évaluer les rendements économiques et environnementaux combinés des politiques et des programmes existants ou à prédire les impacts économiques et environnementaux des programmes et des politiques proposés.

## ■ LIENS ENTRE LES INDICATEURS AGRO-ENVIRONNEMENTAUX ET LES MODÈLES DE POLITIQUE

La réalisation de ce type de capacité de modélisation intégrée exige l'adoption d'une démarche multidisciplinaire faisant appel à des chercheurs scientifiques et à des économistes. Le système intégré de modélisation économique/environnementale en cours à AAC utilise un modèle de politique pour évaluer les changements dans les ressources affectées à la ferme (cultures et bétail) par rapport à un niveau de base s'appliquant à des scénarios choisis. Cette information est ensuite introduite dans les modèles d'IAE, ce qui permettra d'évaluer une série de résultats environnementaux potentiels (figure 5-1). Le modèle économique utilisé est le Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada (MARC) (Horner et coll. 1992). Il peut évaluer le changement dans les ressources affectées à diverses activités de culture et d'élevage en réaction à des modifications à la technologie, aux politiques et aux programmes gouvernementaux ou aux conditions du marché.

Cette démarche de modélisation économique/environnementale a d'abord été élaborée pour permettre à AAC d'évaluer les conséquences économiques et environnementales de l'érosion par le vent et l'eau dans les Prairies (Bouzaher et coll. 1995). AAC a par la suite amélioré la méthodologie

***Figure 5-1 : Analyse économique/environnementale intégrée***

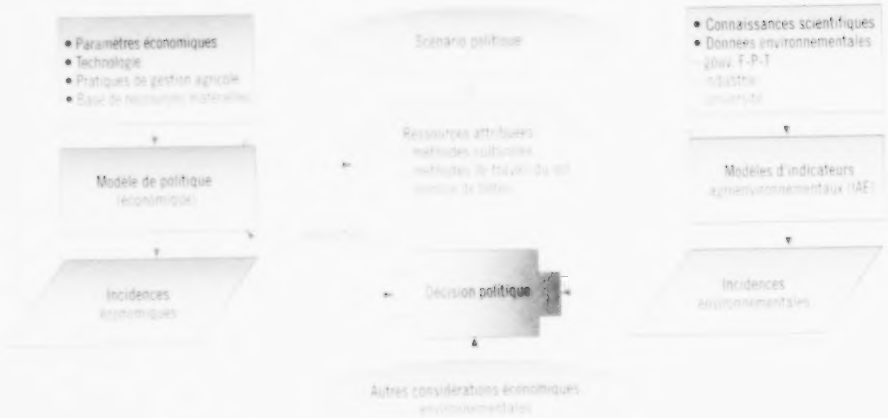



et s'en est servi pour évaluer les impacts de l'érosion à la suite de l'élimination de la subvention prévue dans la *Loi sur le transport du grain de l'Ouest* et de la réforme du régime de mise en commun de la Commission canadienne du blé (CCB), ainsi que pour procéder à l'évaluation environnementale du programme fédéral-provincial d'assurance-récolte au Canada (MacGregor et coll. 1998).

Depuis quelques années, on a travaillé d'arrache-pied à l'élaboration du Modèle canadien de planification économique et d'émissions pour l'agriculture (MCPEEA) (Kulshreshtha et coll. 2002) en reliant le MARAC à l'indicateur des gaz à effet de serre (voir le chapitre 21). Le MCPEEA a été utilisé dans les contextes suivants : pour analyser les stratégies d'atténuation possibles des GES à l'appui des travaux de la Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique (Secrétariat national du changement climatique – Table de concertation sur l'agriculture et l'agroalimentaire 2000); pour élaborer des programmes d'atténuation des GES en agriculture; dans le cadre de négociations internationales (UNFCCC 2000); et pour élaborer un plan national sur le changement climatique pour le Canada. Les résultats de l'analyse économique/environnementale intégrée des options d'atténuation des GES pour l'agriculture ont contribué à faire accepter les puits des sols agricoles dans le protocole de Kyoto.

Dernièrement, une étude a été entreprise en vue d'utiliser un système intégré de modélisation économique/environnementale qui permettrait de choisir des objectifs et des cibles de résultats environnementaux quantitatifs pour les provinces selon le chapitre sur l'environnement du Cadre stratégique pour l'agriculture (Heigh et coll. 2005). Le système a permis d'établir un modèle sur les effets environnementaux liés à l'adoption d'une série de pratiques de gestion bénéfiques (PGB) pour la production agricole au Canada. Il quantifie notamment les impacts des diverses pratiques de gestion des sols, des pâturages, des nutriments et du bétail ainsi que des activités d'agroforesterie sur la qualité de l'air, des sols et de l'eau et sur les indicateurs de la biodiversité. L'analyse s'est limitée aux modèles existants d'IAE avec une couverture nationale qui pourrait être reliée au MARAC (l'érosion par l'eau et le vent, l'*azote* résiduel dans le sol, IRCEN-N, les gaz à effet de serre, le carbone dans le sol et l'habitat faunique). L'étude a également permis d'identifier des objectifs environnementaux appropriés en donnant une indication de l'éventail des résultats réalisables en fonction de trois taux d'adoption potentiels pour chacune des PGB. Les conclusions de l'étude ont servi aux consultations avec les provinces en vue d'établir des objectifs de résultats environnementaux quantitatifs dans les accords de mise en œuvre du CSA.

***Figure 5-1** : Analyse économique/environnementale integree*




et s'en est servi pour évaluer les impacts de l'érosion à la suite de l'élimination de la subvention prévue dans la *Loi sur le transport du grain de l'Ouest* et de la réforme du régime de mise en commun de la Commission canadienne du blé (CCB), ainsi que pour procéder à l'évaluation environnementale du programme fédéral-provincial d'assurance-récolte au Canada (MacGregor et coll. 1998).

Depuis quelques années, on a travaillé d'arrache-pied à l'élaboration du Modèle canadien de planification économique et d'émissions pour l'agriculture (MCPEA) (Kulshreshtha et coll. 2002) en reliant le MARAC à l'indicateur des gaz à effet de serre (voir le chapitre 21). Le MCPEA a été utilisé dans les contextes suivants : pour analyser les stratégies d'atténuation possibles des GES à l'appui des travaux de la Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique (Secrétariat national du changement climatique – Table de concertation sur l'agriculture et l'agroalimentaire 2000); pour élaborer des programmes d'atténuation des GES en agriculture dans le cadre de négociations internationales (CNUCC 2000); et pour élaborer un plan national sur le changement climatique pour le Canada. Les résultats de l'analyse économique/environnementale intégrée des options d'atténuation des GES pour l'agriculture ont contribué à faire accepter les puits des sols agricoles dans le protocole de Kyoto.

Dernièrement, une étude a été entreprise en vue d'utiliser un système intégré de modélisation économique/environnementale qui permettrait de choisir des objectifs et des cibles de résultats environnementaux quantifiés pour les provinces selon le chapitre sur l'environnement du Cadre stratégique pour l'agriculture (Heigh et coll. 2005). Le système a permis d'établir un modèle sur les effets environnementaux liés à l'adoption d'une série de pratiques de gestion bénéfiques (PGB) pour la production agricole au Canada. Il quantifie notamment les impacts des diverses pratiques de gestion des sols, des pâturages, des nutriments et du bétail ainsi que des activités d'agroforesterie sur la qualité de l'air, des sols et de l'eau et sur les indicateurs de la biodiversité. L'analyse s'est limitée aux modèles existants d'IAE avec une couverture nationale qui pourrait être reliée au MARAC : l'érosion par l'eau et le vent, l'azote résiduel dans le sol, [RCEN-N, les gaz à effet de serre, le carbone dans le sol et l'habitat faunique]. L'étude a également permis d'identifier des objectifs environnementaux appropriés en donnant une indication de l'éventail des résultats réalisables en fonction de trois taux d'adoption potentiels pour chacune des PGB. Les conclusions de l'étude ont servi aux consultations avec les provinces en vue d'établir des objectifs de résultats environnementaux quantifiés dans les accords de mise en œuvre du CSA.

## ■ LIMITES ET ORIENTATIONS FUTURES

Les modèles analytiques fondés sur des critères scientifiques solides se sont avérés très utiles à des fins d'évaluation et d'élaboration de politiques et la demande pour ce type d'analyse va en augmentant. C'est toutefois un travail de pionnier. La mise en place d'une capacité d'analyse vient tout juste de commencer et il subsiste de nombreux enjeux non résolus liés aux ressources, aux données, aux modèles, aux aspects scientifiques et spatiaux. Nous décrivons ci-après certaines des principales limites liées à la capacité actuelle d'établir ce type de modélisation intégrée, de même que les orientations futures envisagées pour ce travail.

En tant qu'outil de politique, le Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada (MARAC) est fondé sur des frontières politiques qui sont dictées par les données économiques disponibles (22 régions culturales dans les Prairies, qui servent de base pour les cultures dans les autres régions et pour l'élevage). Et pourtant, les questions environnementales sont, par leur nature même, locales, et c'est pourquoi les indicateurs agroenvironnementaux sont basés sur des régions écologiques beaucoup plus petites [polygones de pédo-paysages du Canada (PPC)]. Par conséquent, il faut diviser les résultats du MARAC de manière à établir, à partir du modèle de politique, des scénarios de méthodes culturales et de méthodes de gestion pour des endroits précis du paysage. À l'heure actuelle, on le fait selon l'hypothèse que la distribution est uniforme. On est en train d'améliorer cet aspect du système d'analyse en élaborant un modèle d'utilisation des terres capable de prévoir les changements d'utilisation des terres explicites sur le plan spatial à partir de facteurs tels que les caractéristiques de la terre ayant une incidence sur sa résilience/pertinence (sols, topographie, climat), les demandes d'utilisation des terres qui se font concurrence, la proximité aux marchés, les coûts de production, l'utilisation des terres existantes et leur adaptabilité au changement.

*Les modèles analytiques fondés sur des critères scientifiques solides se sont avérés très utiles à des fins d'évaluation et d'élaboration de politiques et la demande pour ce type d'analyse va en augmentant.*

La disponibilité de modèles intégrés limite les scénarios et les indicateurs agroenvironnementaux utilisés dans les analyses jusqu'ici. Par conséquent, ces analyses ne contiennent pas toujours certaines options de gestion agricole importantes (par exemple, la gestion du fumier). Ainsi, les évaluations quantitatives des impacts économiques « à la ferme » de certains scénarios de gestion de l'environnement sont limitées en raison de l'absence de données économiques pertinentes. Pour bon nombre de scénarios, on a imposé des hypothèses éclairées au sujet des taux d'adoption de PGB, de sorte que les résultats ne découlent pas des aspects économiques du modèle de politique. Enfin, le système de modélisation intégrée existant n'inclut aucun lien de rétroaction entre les volets économique et environnemental en ce sens que les résultats des scénarios du modèle de politique sont utilisés dans les modèles des IAE pour évaluer les impacts environnementaux, mais pas le contraire (des changements dans les indicateurs environnementaux pourraient avoir des conséquences économiques).

L'élaboration d'une capacité de modélisation intégrée des applications à des fins d'analyse politique représente un processus continu. Une nouvelle version du MARAC, actuellement à l'essai, contient quelques améliorations, comme l'ajout d'une composante qui prévoit la demande d'eau agricole et la division de l'Ontario, du Québec et de la Colombie-Britannique en plusieurs régions. On prévoit également des analyses sur les coûts à la ferme et les avantages d'adopter des PGB respectueuses de l'environnement, dont les données seront intégrées au MARAC pour améliorer l'analyse économique de certains scénarios. Comme les modèles d'IAE sont régulièrement mis à jour et que de nouveaux indicateurs sont mis au point, les liens entre le MARAC et les IAE nécessiteront des ajustements permanents. Il faudra dans l'avenir évaluer le niveau d'incertitude des résultats du modèle pour pouvoir prendre des décisions éclairées en matière de politiques.

Les modèles économiques/environnementaux intégrés permettent d'évaluer concrètement les impacts sur l'environnement des programmes et des politiques agricoles (par exemple, l'érosion du sol est calculée en tonnes/ha/année ou les émissions de gaz à effet de serre sont évaluées en tonnes/année), et leurs conséquences économiques pour les producteurs. Cependant, pour que l'analyse de rentabilité soit complète, il faut d'abord attribuer une valeur monétaire à ces impacts environnementaux avant de pouvoir effectuer une analyse comparative du rendement environnemental.

Les décideurs exigent de plus en plus ce type d'analyse intégrée. Voici quelques-unes des applications actuelles et futures des systèmes de modélisation économique/environnementale intégrés : peaufiner les objectifs de résultats environnementaux du CSA et évaluer les nouvelles technologies et la nouvelle génération de PGB en prévision de la nouvelle version du CSA; maîtriser le changement climatique en élaborant un système national d'échange de droits d'émission et de compensations en analysant une série plus dynamique d'options d'atténuations, notamment des co-avantages environnementaux et l'évaluation des impacts du changement climatique sur le secteur agricole assortis à des stratégies d'adaptation possibles; et la conduite d'évaluations environnementales sur les politiques et les programmes agricoles (par exemple, les négociations de l'Organisation mondiale du commerce).

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Bouzaher, A., J.F. Shogren, D. Holtkamp, P. Gassman, D Archer, P. Lakshminarayan, A. Carriquiry, R. Reese, D. Kakani, W.H. Furtan, R.C. Izaurralde et J. Kiniry, 1996. *Agricultural Policies and Soil Degradation in Western Canada: An Agro-Ecological Economic Assessment. Report 5: Project Summary*. Rapport Technique N° 2-95. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.).

Heigh, L., B. Junkins, R.J. MacGregor, R. Gill, J. Heigh, T. Huffman, J. Yang, L. van Vliet, G. Padbury et M. Boehm, 2004. *Analyse quantitative de l'incidence des stratégies de gestion agricole sur les indicateurs environnementaux*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/spb/rad-dra/publications/isie/ise_f.pdf

Horner, G.L., J. Corman, R.E. Howitt, C.A. Carter et R.J. MacGregor, 1992. *The Canadian Regional Agriculture Model Structure, Operation and Development*. Agriculture et agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.).

Kulshreshtha, S.N., R. Gill, B. Junkins, R. Desjardins, M. Boehm et M. Bonneau, 2002. *Canadian Economic and Emissions Model for Agriculture (C.E.E.M.A. 2.0): Technical Documentation*. CSALE Working Paper # 12. University of Saskatchewan, Saskatoon (Sas.). www.csale.usask.ca/PDFDocuments/cndEconEmissionMdl.pdf

MacGregor, R.J., J. Giraldez, I. Campbell, G. Wall, B. Junkins, R. Gill, I. Shelton, B. Stephen et G. Padbury, 1998. *Programme fédéral-provincial d'assurance-récolte : une évaluation intégrée écolo-économique*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/spb/rad-dra/publications/fedprov/fedprov_f.php

Secrétariat national du changement climatique – Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire, 2000. *Rapport sur les options : réduire les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture canadienne. Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/M22-132-1-2000F.pdf

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2000. *Proposals Related to Kyoto Protocol Articles 3.3 and 3.4*. Paper No. 3, pp. 46-104. UNFCCC Secretariat, Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA), Lyon (France). http://unfccc.int/resource/docs/2000/sbsta/misc06.pdf

# Gestion agroenvironnementale

B

# 6. Changement de l'utilisation des terres agricoles

**AUTEURS :**
W. Eilers et T. Huffman

**SOURCE D'INFORMATION :**
Recensement de l'agriculture

**PORTÉE :**
Échelle nationale, de 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*Pendant la période de 20 ans s'étendant de 1981 à 2001, l'intensité d'utilisation des terres agricoles a augmenté partout au Canada. Parmi les faits notables dans l'Ouest canadien, on compte une baisse marquée de la superficie en jachère, une augmentation de la superficie consacrée aux* fourrages *et une utilisation accrue des pratiques de conservation du sol en ce qui touche le travail du sol de même que la jachère. La diversification des cultures a été un facteur important de l'évolution de l'utilisation des terres dans l'Ouest canadien, particulièrement dans les Prairies, et on l'a constaté par une diminution de la superficie consacrée à la culture, plus courante, des céréales et par une augmentation de la superficie vouée à la production d'oléagineux et de légumineuses à grain. Dans l'Est du Canada, tandis que la superficie globale des terres agricoles a diminué pendant la période de 20 ans visée par l'étude, la superficie des terres cultivées a, en fait, augmenté dans chaque province. En général, cet accroissement de la superficie des terres cultivées s'est effectué au détriment des terres arables en pâturage et en jachère.*

## ■ L'ENJEU

C'est en raison de l'impossibilité d'effectuer des mesures répétées d'une vaste gamme de conditions dans l'ensemble des paysages agricoles du Canada qu'on a eu l'idée d'utiliser des indicateurs agroenvironnementaux pour suivre les changements survenant dans cette industrie vaste et variée qu'est l'agriculture. Pour mettre au point des indicateurs agroenvironnementaux à fondements scientifiques, on a appliqué les connaissances scientifiques actuelles pour comprendre les effets sur l'environnement de quelques-uns des principaux types d'utilisation des terres et de techniques agronomiques. On a évalué dans le temps les tendances de variables importantes et on les a interprétées relativement à des indicateurs individuels. Par exemple, dans le domaine des terres agricoles, les divers types de plantes cultivées et d'utilisation des terres ont des propensions distinctes à créer des conditions propices à l'érosion du sol. Une variation tendant vers l'accroissement de la superficie consacrée à la *culture en rangs*, comme pour la production de pomme de terre ou de maïs, ou à la jachère, indique généralement une évolution vers un risque accru d'érosion, tandis qu'une augmentation de la superficie des prairies de fauche est le signe d'un risque d'érosion moindre. Le niveau de risque peut également varier, c'est-à-dire augmenter ou diminuer, selon les techniques agronomiques utilisées.

Dans le présent chapitre, on présente certains des principaux changements survenus de 1981 à 2001 au Canada dans l'utilisation des terres et les techniques agronomiques, d'après une évaluation des données du Recensement de l'agriculture. Ce recensement national, mené par Statistique Canada tous les cinq ans, porte sur une grande diversité de variables et assure une couverture uniforme des exploitations agricoles. Par conséquent, il offre un potentiel considérable, en tant qu'outil, pour l'évaluation des changements d'utilisation des terres à l'échelle provinciale et nationale. Les types d'effets environnementaux que ces changements ont engendrés sont mis en évidence et étudiés dans les chapitres sur les indicateurs agroenvironnementaux présentés dans ce rapport.

## ■ INFORMATION RELATIVE À L'UTILISATION DES TERRES

Dans le domaine des terres agricoles, les divers types de cultures et d'utilisation des terres ont des propensions différentes à entrainer des effets sur l'environnement. Afin de présenter pour chaque province et pour le pays un aperçu des tendances à long terme relativement à l'utilisation des terres, on a utilisé les six grandes variables suivantes, tirées du recensement :

1) La superficie des terres agricoles

2) La superficie des terres cultivées

3) La superficie des pâturages (pâturages améliorés et pâturages indigènes)

4) La superficie des cultures en rangs (maïs grain et d'ensilage, légumes, pommes de terre, tabac)

5) La superficie en jachère

6) La superficie des « autres terres » ou celle des terres agricoles à vocation autre que la production végétale ou l'élevage (ex. bâtiments agricoles, enclos, serres, terres à bois, *brise-vents*, marais)

## ■ PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Outre les données sur l'utilisation des terres, il est important de connaître les types et les tendances de cultures qu'on cultive généralement dans chaque région, parce que les divers profils culturaux ont généralement des effets différents sur l'environnement. Les sept grandes variables du recensement qu'on a utilisées sont les suivantes :

1) La superficie des *terres en culture* tous les ans (pour la production végétale, à l'exclusion des terres en jachère et des pâturages);

2) La superficie consacrée à la production de céréales (blé, orge, avoine);

3) La superficie consacrée à la production d'oléagineux (canola, moutarde, lin, carthame, tournesol);

4) La superficie consacrée à la production de maïs (maïs grain, maïs d'ensilage);

5) La superficie consacrée à la production de pomme de terre;

6) La superficie consacrée à la production de légumineuses à grain et autres (haricots, lentilles, pois chiches, pois sec de grandes cultures);

7) La superficie consacrée à la production de fourrages (luzerne et mélanges de luzernes, foin cultivé et fourrage coupés pour le foin ou l'ensilage, fourrage pour les graines).

## ■ MÉTHODES DE TRAVAIL DU SOL

Comme on l'a mentionné plus haut, il faut tenir compte des techniques agronomiques employées par les producteurs agricoles dans l'interprétation des tendances en matière d'utilisation des terres. Depuis 1991, on évalue les méthodes de travail du sol à l'aide de six variables examinées dans le cadre du Recensement de l'agriculture :

1) La superficie des terres arables préparées pour l'ensemencement par les méthodes classiques de travail du sol (un travail permettant de retourner le sol jusqu'à une profondeur de 15 à 20 cm, d'enfouir les débris végétaux et d'exposer le sol, suivi d'un travail superficiel destiné à briser les agrégats et à aplanir et à égaliser la surface d'ensemencement);

2) La superficie des terres préparées pour l'ensemencement par un *travail de conservation du sol* (un travail du sol destiné à briser les agrégats et à détruire les plantes nuisibles, sans retourner le sol);

3) La superficie des terres préparées pour l'ensemencement sans travail du sol (méthode agronomique consistant à laisser tous les débris végétaux à la surface du sol);

4) La superficie en jachère avec entretien par un travail du sol visant l'élimination des mauvaises herbes (généralement, la jachère nécessite un travail du sol à intervalles réguliers pendant la saison de croissance);

5) La superficie en jachère avec entretien par un traitement combinant des moyens chimiques et un travail du sol visant l'élimination des mauvaises herbes (le désherbage chimique et mécanique permet de réduire le travail du sol nécessaire pour éliminer les mauvaises herbes, soit par un travail du sol moins fréquent soit par un « labour ponctuel »);

6) La superficie en jachère avec entretien par un traitement chimique herbicide seulement.

***Tableau 6-1 : Utilisation des terres agricoles, 1981 à 2001***

Proportion des terres agricoles utilisées à des fins diverses (en %)

| Province | Principales catégories d'utilisation des terres | | | | | | | | | | | | | | | Exemples d'utilisation des terres | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Terres cultivées | | | | | Terres en pâturage | | | | | Autres terres | | | | | Terres en jachère | | | | | Cultures en rangs | | | | |
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 29 | 27 | 26 | 24 | 26 | 59 | 51 | 53 | 56 | 56 | 12 | 22 | 21 | 20 | 19 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Alb. | 56 | 55 | 53 | 52 | 52 | 40 | 38 | 40 | 41 | 42 | 4 | 7 | 6 | 7 | 6 | 12 | 10 | 9 | 7 | 6 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Sask. | 71 | 71 | 71 | 71 | 70 | 27 | 24 | 24 | 24 | 25 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 26 | 21 | 21 | 17 | 12 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Man. | 66 | 65 | 65 | 65 | 65 | 29 | 26 | 27 | 26 | 26 | 5 | 9 | 7 | 9 | 9 | 8 | 7 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ont. | 61 | 63 | 64 | 64 | 67 | 24 | 19 | 19 | 18 | 15 | 15 | 19 | 17 | 19 | 17 | 1 | 1 | 1 | <1 | <1 | 21 | 18 | 18 | 18 | 19 |
| Qc | 48 | 49 | 48 | 51 | 55 | 21 | 17 | 19 | 15 | 11 | 31 | 34 | 33 | 34 | 35 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 8 | 10 | 11 | 13 | 16 |
| N.-B. | 31 | 33 | 33 | 36 | 39 | 20 | 14 | 16 | 13 | 12 | 49 | 53 | 52 | 52 | 50 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| N.-É. | 25 | 27 | 27 | 29 | 32 | 20 | 16 | 17 | 14 | 14 | 55 | 56 | 56 | 59 | 57 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Î.-P.-É. | 57 | 58 | 60 | 64 | 67 | 18 | 14 | 14 | 10 | 10 | 25 | 28 | 27 | 25 | 24 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 11 | 11 | 13 | 18 | 18 |
| T.-N. | 15 | 14 | 14 | 17 | 22 | 64 | 34 | 39 | 21 | 24 | 21 | 52 | 47 | 62 | 55 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| **Canada** | **62** | **61** | **61** | **61** | **61** | **31** | **28** | **30** | **29** | **30** | **7** | **10** | **9** | **10** | **9** | **15** | **13** | **12** | **9** | **7** | **3** | **2** | **2** | **2** | **3** |

## ■ LIMITES

Parmi les principales limites relatives aux valeurs dont on fait état dans le présent chapitre, il y a la possibilité que des producteurs aient mal interprété les questions du recensement et les modifications apportées aux questions au fil du temps. Par exemple, d'après Statistique Canada (1997), la superficie déclarée des terres « non bonifiées » était inférieure à la valeur réelle dans les quatre provinces de l'Ouest, en 1981, ce qui a influé sur la superficie totale des terres agricoles et sur celle de la catégorie des « autres terres » pour chacune des provinces de l'Ouest et pour l'ensemble du Canada. De plus, il se peut que les producteurs aient certaines difficultés avec l'interprétation des termes pour différentes pratiques de travail du soi. Cela pourrait avoir une influence sur les régions rapportées. Dans le document de Statistique Canada (1997) nommé en référence, on donne une description plus complète des erreurs possibles et de la qualité des données.

*À l'échelle nationale, la superficie des terres agricoles en jachère a diminué de plus de la moitié de sa valeur de 1981 à 2001, la proportion passant de 15 p. 100 à 7 p. 100.*

## ■ TENDANCES OBSERVÉES

Les tendances nationales et provinciales relatives à l'utilisation des terres, déterminées d'après les données du Recensement de l'agriculture de Statistique Canada, sont présentées aux tableaux 6-1, 6-2 et 6-3 pour les années de recensement allant de 1981 à 2001 (à l'exception des données relatives au travail du sol qui ne sont disponibles que pour les années 1991, 1996 et 2001).

**Canada :** La superficie totale des terres agricoles au Canada est demeurée relativement stable de 1981 (65,9 millions d'hectares) à 2001 (67,5 millions d'hectares), surtout parce que la grande majorité des terres qui conviennent à l'agriculture étaient déjà utilisées à cette fin. Pour des raisons semblables, la proportion de terres agricoles cultivées (61 p. 100), en pâturage (30 p. 100) et cultivées en rangs (3 p. 100) et celle des « autres terres » (9 p. 100) sont également demeurées relativement constantes.

À l'échelle nationale, la superficie des terres agricoles en jachère a diminué de plus de la moitié de sa valeur de 1981 à 2001, la proportion passant de 15 p. 100 à 7 p. 100. Plusieurs raisons expliquent ce phénomène, dont l'adoption de techniques agronomiques rendant plus efficace l'utilisation de l'eau disponible dans le sol et permettant la *culture continue* ou la *rotation* culturale prolongée en *culture sèche*, l'accessibilité de méthodes chimiques appropriées et économiques de lutte contre les mauvaises herbes ainsi que la conversion de terres marginales en terres en culture couvre-sol ou en pâturage. La baisse de la superficie en jachère est, dans une grande mesure, responsable de l'augmentation de la superficie des terres en culture, celle-ci ayant augmenté de 5,5 millions d'hectares de 1981 à 2001.

De 1981 à 2001, dans presque toutes les régions du pays, la proportion des cultures céréalières a diminué par rapport aux terres mises en culture tous les ans (passant de 66 p. 100 à 49 p. 100). La plus grande partie de la réduction de 2,5 millions d'hectares de la superficie consacrée à la production de céréales correspond à une réorientation vers la production d'oléagineux, de légumineuses à grain et de fourrages, ou à d'autres différences régionales en matière de culture. Pour la production végétale, l'utilisation des méthodes de travail de conservation du sol a augmenté de 1991 (31 p. 100) à 2001 (60 p. 100), particulièrement dans les trois provinces des Prairies. Les raisons de ce changement sont variées, mais on l'attribue, entre autres, au fait qu'on connaît mieux les avantages de la conservation du sol et qu'on a maintenant accès à du matériel de grande taille conçu pour la conservation du sol.

**Colombie-Britannique :** La superficie totale des terres agricoles en Colombie-Britannique a augmenté, passant de 2,2 millions d'hectares, en 1981, à 2,6 millions d'hectares, en 2001, en raison principalement d'une augmentation dans les catégories des terres en pâturage et des « autres terres ». De 1981 à 2001, la superficie des terres en culture tous les ans a augmenté d'environ 57 000 hectares à cause d'un gain de 30 000 hectares de la superficie totale des terres agricoles cultivées et d'une diminution d'environ 27 000 hectares des terres en jachère (passée de 3 p. 100, en 1981, à 1 p. 100 en 2001). La proportion des terres en culture consacrées à la production céréalière a chuté, passant de 30 p. 100, en 1981, à 17 p. 100 en 2001, tandis que la proportion des terres consacrées à la production de fourrages a augmenté, passant de 58 p. 100, en 1981, à 70 p. 100 en 2001. La proportion des terres en culture utilisées pour d'autres types de culture est demeurée relativement constante pendant la période considérée. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol (exprimée en proportion des terres en culture) a régressé, passant de 83 p. 100, en 1991, à 65 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 21 p. 100 des terres en culture et où l'on

## *Tableau 6-2 : Productions végétales, 1981 à 2001*

**Proportion des terres en culture utilisées à des fins diverses (en %)**

| Province | Céréales | | | | | Oléagineux | | | | | Maïs | | | | | Pommes de terre/ légumineuses à grain[1] | | | | | Fourrages | | | | | Autres cultures | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 30 | 22 | 22 | 22 | 17 | 4 | 8 | 7 | 5 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 58 | 62 | 63 | 64 | 70 | 5 | 5 | 6 | 8 | 7 |
| Alb. | 71 | 65 | 65 | 63 | 57 | 8 | 13 | 14 | 14 | 11 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 1 | 1 | 3 | 20 | 21 | 20 | 21 | 27 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Sask. | 85 | 80 | 78 | 71 | 58 | 6 | 11 | 12 | 15 | 16 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 1 | 2 | 4 | 14 | 8 | 7 | 7 | 8 | 10 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Man. | 67 | 64 | 62 | 60 | 52 | 15 | 19 | 18 | 19 | 21 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 13 | 14 | 15 | 16 | 20 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Ont. | 24 | 25 | 19 | 18 | 15 | <1 | 1 | 1 | 1 | <1 | 31 | 27 | 26 | 25 | 26 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 30 | 30 | 31 | 29 | 28 | 13 | 15 | 21 | 27 | 30 |
| Qc | 20 | 20 | 20 | 16 | 17 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 14 | 17 | 20 | 21 | 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61 | 59 | 53 | 50 | 42 | 4 | 4 | 6 | 11 | 13 |
| N.-B. | 20 | 21 | 21 | 22 | 21 | nd[2] | nd | <1 | <1 | <1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 17 | 15 | 17 | 16 | 16 | 56 | 56 | 53 | 50 | 52 | 7 | 7 | 8 | 11 | 9 |
| N.-É. | 16 | 13 | 12 | 10 | 9 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 65 | 64 | 64 | 58 | 58 | 13 | 17 | 20 | 27 | 26 |
| Î.-P.-É. | 46 | 45 | 41 | 37 | 36 | nd | <1 | nd | <1 | nd | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 | 17 | 20 | 26 | 25 | 33 | 34 | 33 | 32 | 33 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| T.-N. | 1 | <1 | 3 | 2 | 3 | <1 | 0 | nd | <1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 8 | 5 | 4 | 5 | 3 | 74 | 80 | 78 | 70 | 75 | 16 | 14 | 14 | 23 | 16 |
| **Canada** | **66** | **63** | **62** | **58** | **49** | **7** | **8** | **11** | **13** | **6** | **5** | **4** | **4** | **4** | **4** | **1** | **1** | **2** | **3** | **8** | **19** | **18** | **18** | **18** | **21** | **2** | **5** | **3** | **4** | **12** |

[1] Les valeurs correspondent à la culture des légumineuses à grain pour les trois provinces des Prairies et l'Ontario, mais à la culture des pommes de terre pour toutes les autres provinces. Les valeurs pour le Canada correspondent à la culture des pommes de terre et des légumineuses à grain.

[2] Non disponible en raison de la suppression de données.

n'a effectué aucun travail du sol sur 14 p. 100. Les pratiques de conservation du sol appliquées aux terres en jachère n'ont pas changé de façon appréciable au cours des trois années de recensement, quoique la proportion de ces terres traitées à l'herbicide chimique seulement (sans travail du sol) ait légèrement augmenté, passant de 3 p. 100 à 6 p. 100.

**Alberta :** L'Alberta est la province dont la superficie des terres agricoles est la deuxième en importance au Canada; on y trouve environ 30 p. 100 de la superficie totale des terres agricoles du pays, soit quelque 21 millions d'hectares en 2001. De 1981 à 2001, la superficie en pâturage et celle consacrée à la production de fourrages ont augmenté de 2,2 millions d'hectares, ce qui indique que l'expansion de l'industrie de l'élevage s'est poursuivie. La superficie des terres en culture a augmenté de près de 1,3 million d'hectares, essentiellement parce que la superficie en jachère a diminué de 0,97 million d'hectares pendant la période de 20 ans visée par l'étude, la proportion passant de 12 p. 100 des terres agricoles, en 1981, à 6 p. 100 en 2001. Le profil cultural a changé, car les producteurs ont diversifié leur production, ce qui a donné lieu à une diminution de la proportion des terres en culture consacrées à la production céréalière (la proportion passant de 71 p. 100, en 1981, à 57 p. 100 en 2001) ainsi qu'à une augmentation de la superficie consacrée à la production d'oléagineux de 0,47 million d'hectares et de la superficie consacrée à la production de légumineuses à grain de 0,31 million d'hectares. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué considérablement, la proportion passant de 73 p. 100 des terres en culture, en 1991, à 37 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 35 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 27 p. 100. On a constaté une tendance semblable en ce qui concerne les *jachères*, les pratiques de conservation du sol (travail du sol avec traitement chimique herbicide et herbicide seulement) étant utilisées sur 42 p. 100 des terres en jachère en 1991 contre 62 p. 100 en 2001.

**Saskatchewan :** Avec environ 40 p. 100 de la superficie totale des terres agricoles au Canada (ou environ 26 millions d'hectares) en 2001, la Saskatchewan se classe au premier rang des provinces canadiennes en termes de superficie des terres agricoles. Pendant la période de 20 ans examinée, la superficie des terres en culture a augmenté régulièrement pour atteindre un total de 3,6 millions d'hectares, cette tendance s'expliquant presque entièrement par une diminution de la proportion des terres en jachère, cette proportion passant de 26 p. 100 de la superficie totale des terres agricoles en 1981 à 12 p. 100 en 2001. La

***Tableau 6-3 : Travail du sol et jachère, 1991 à 2001***

| Province | Proportion des terres en culture où l'on a eu recours à diverses méthodes de travail du sol (en %) | | | | | | | | | Proportion des terres en jachère dans divers régimes (en %) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Classique | | | Conservation | | | Sans travail du sol | | | Travail du sol seulement | | | Travail du sol et herbicide chimique | | | Herbicide chimique seulement | | |
| | 91 | 96 | 01 | 91 | 96 | 01 | 91 | 96 | 01 | 91 | 96 | 01 | 91 | 96 | 01 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 83 | 65 | 65 | 12 | 24 | 21 | 5 | 10 | 14 | 66 | 65 | 65 | 31 | 29 | 30 | 3 | 5 | 6 |
| Alb. | 73 | 57 | 37 | 24 | 33 | 35 | 3 | 10 | 27 | 58 | 51 | 39 | 37 | 38 | 38 | 5 | 11 | 24 |
| Sask. | 64 | 45 | 32 | 26 | 33 | 29 | 10 | 22 | 39 | 57 | 55 | 48 | 39 | 37 | 36 | 4 | 9 | 16 |
| Man. | 66 | 63 | 54 | 29 | 28 | 33 | 5 | 9 | 13 | 73 | 61 | 50 | 24 | 34 | 38 | 3 | 6 | 12 |
| Ont. | 78 | 59 | 52 | 18 | 22 | 22 | 4 | 19 | 27 | 66 | 53 | 65 | 26 | 38 | 24 | 8 | 9 | 11 |
| Qc | 85 | 80 | 77 | 12 | 16 | 19 | 3 | 4 | 5 | 48 | 43 | 56 | 28 | 25 | 18 | 24 | 32 | 26 |
| N.-B. | 85 | 80 | 82 | 12 | 18 | 15 | 2 | 2 | 3 | 79 | 72 | 71 | 14 | 8 | 17 | 8 | 20 | 12 |
| N.-É. | 88 | 77 | 71 | 8 | 20 | 20 | 4 | 3 | 8 | 72 | 62 | 69 | 19 | 26 | 19 | 9 | 13 | 12 |
| Î.-P.-É. | 91 | 82 | 76 | 8 | 16 | 22 | 1 | 2 | 2 | 35 | 55 | 44 | 23 | 32 | 17 | 42 | 13 | 39 |
| T.-N. | 84 | 88 | 76 | 8 | 8 | 13 | 8 | 4 | 11 | 49 | 74 | 62 | 38 | 19 | 7 | 13 | 7 | 30 |
| **Canada** | 69 | 53 | 41 | 24 | 31 | 30 | 7 | 16 | 30 | 58 | 54 | 46 | 38 | 37 | 36 | 4 | 9 | 18 |

proportion des terres cultivées, en pâturage et appartenant à la catégorie des « autres terres » est demeurée relativement constante pendant la période de 20 ans visée par l'étude. Le profil cultural a changé, car les producteurs ont diversifié leur production, ce qui a donné lieu à une diminution de la superficie des terres en culture consacrées à la production céréalière (la proportion des terres agricoles en culture tous les ans passant de 85 p. 100, en 1981, à 58 p. 100 en 2001) ainsi qu'à une augmentation de la superficie consacrée à la production d'oléagineux (la proportion passant de 6 p. 100 à 16 p. 100) et de la superficie consacrée à la production de légumineuses à grain (la proportion passant de moins de 1 p. 100 à 14 p. 100). La superficie consacrée au pâturage et à la production de fourrages a augmenté de 0,26 million d'hectares, ce qui indique que l'expansion de l'industrie de l'élevage s'est poursuivie. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, la proportion des terres en culture passant de 64 p. 100, en 1991, à 32 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 29 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 39 p. 100. On a constaté une tendance semblable en ce qui concerne les jachères, les pratiques de conservation du sol (travail du sol avec traitement chimique herbicide et herbicide seulement) étant utilisées sur 43 p. 100 des terres en jachère en 1991 par rapport à 52 p. 100 en 2001.

**Manitoba :** De 1981 à 2001, la superficie des terres agricoles a un peu varié au Manitoba, mais elle est demeurée relativement stable, à 7,6 millions d'hectares, environ. La proportion des terres cultivées (65 p. 100), en pâturage (26 p. 100) et faisant partie de la catégorie des « autres terres » (9 p. 100) est également demeurée relativement constante pendant la période de 20 ans considérée. La superficie des terres en jachère a diminué de 0,34 million d'hectares, la proportion passant de 8 p. 100, en 1981, à 3 p. 100 en 2001, et celle des terres en culture tous les ans a présenté une augmentation de même importance. Le profil cultural a changé, car les producteurs ont diversifié leur production, ce qui a donné lieu à une diminution de la superficie consacrée à la production céréalière (celle-ci passant de 67 p. 100, en 1981, à 52 p. 100 en 2001) ainsi qu'à une augmentation de la superficie consacrée à la production d'oléagineux (celle-ci passant de 15 p. 100, en 1981, à 21 p. 100 en 2001) et de la superficie consacrée à la production de légumineuses à grain (celle-ci passant de 1 p. 100, en 1981, à 3 p. 100 en 2001). La superficie consacrée à la production de fourrages a augmenté, la proportion des terres en culture consacrées à ce type de culture passant de 13 p. 100 à 20 p. 100, ce qui indique un intérêt prolongé pour l'élevage. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, la proportion des terres en culture passant de 66 p. 100, en 1991, à 54 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 33 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 13 p. 100. On a constaté une tendance semblable dans les jachères, les pratiques de conservation du sol (travail du sol avec traitement chimique herbicide et herbicide seulement) étant utilisées sur 50 p. 100 des terres en jachère en 2001, par rapport à 27 p. 100 en 1991.

**Ontario :** La superficie totale des terres agricoles, celle des terres cultivées et celle des terres en pâturage ont toutes diminué, tandis que celle des terres en culture a légèrement augmenté, ce qui indique une intensification de la culture. La superficie totale des terres agricoles en Ontario a diminué, passant de 6,0 millions d'hectares, en 1981, à environ 5,5 millions d'hectares en 2001. La culture s'est intensifiée : la proportion des terres cultivées a augmenté, passant de 61 p. 100 à 67 p. 100 des terres agricoles, tandis que celle des terres en pâturage a diminué, passant de 24 p. 100 à 15 p. 100, pendant la période de 20 ans visée par l'étude. La proportion des terres agricoles consacrées à la culture en rangs a diminué d'environ 2 p. 100, tandis que celle des terres agricoles dans la catégorie des « autres terres » est demeurée relativement constante, soit à 17 p. 100 environ. La superficie en jachère était très réduite pendant toute cette période, la proportion ayant diminué à moins de 1 p. 100 en 2001. La proportion des terres en culture tous les ans consacrées à la production de céréales a chuté, passant de 24 p. 100, en 1981, à 15 p. 100 en 2001. La proportion des terres en culture tous les ans utilisées pour d'autres types de cultures est demeurée relativement constante pendant toute la période, à l'exception des terres consacrées à la production de maïs, dont la proportion a diminué, passant de 31 p. 100, en 1981, à 26 p. 100 en 2001. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol sur les terres en culture a diminué, la proportion des terres où l'on a eu recours à ces méthodes passant de 78 p. 100, en 1991, à 52 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 22 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 27 p. 100.

**Québec :** Comme en Ontario, les changements relatifs aux terres agricoles indiquent une intensification de la culture. La superficie totale des terres agricoles a diminué, passant de 3,8 millions d'hectares, en 1981, à environ 3,4 millions d'hectares en 2001, tandis que la superficie des terres en culture a augmenté d'environ 0,1 million d'hectares. La culture s'est intensifiée : la proportion des terres cultivées a augmenté, passant de 48 p. 100 à 55 p. 100 des terres agricoles, tandis que la proportion des terres en pâturage a diminué, passant de 21 p. 100 à 11 p. 100, pendant la période de 20 ans visée par l'étude. La proportion des terres en culture tous les ans consacrées aux céréales a chuté, passant de 20 p. 100, en 1981, à 17 p. 100 en 2001, tandis que la proportion des terres en culture utilisées pour d'autres types de cultures est demeurée relativement constante pendant cette période, à l'exception des terres consacrées à la production de maïs, dont la proportion a augmenté, passant de 14 p. 100 à 26 p. 100, et de celles consacrées à la production de fourrages, dont la proportion a diminué, passant de 61 p. 100 à 42 p. 100. La superficie des terres consacrées à la culture en rangs a augmenté, la proportion passant de 8 p. 100 à 16 p. 100 des terres agricoles, tandis que la superficie des terres agricoles dans la catégorie des « autres terres » est demeurée relativement constante, la proportion étant à 34 p. 100 environ. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, la proportion des terres en culture où l'on a eu recours à ces méthodes passant de 85 p. 100, en 1991, à 77 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 19 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 5 p. 100. La superficie en jachère était très réduite pendant toute cette période, la proportion diminuant à moins de 1 p. 100 en 2001.

**Nouveau-Brunswick :** Les changements relatifs à l'utilisation des terres agricoles au Nouveau-Brunswick indiquent également une intensification de la culture. La superficie totale des terres agricoles au Nouveau-Brunswick a diminué, passant de 0,44 million d'hectares, en 1981, à environ 0,39 million d'hectares en 2001. La culture s'est intensifiée : la proportion des terres cultivées a augmenté, passant de 31 p. 100 à 39 p. 100 des terres agricoles, tandis que celle des terres en pâturage a diminué, passant de 20 p. 100 à 12 p. 100, pendant la période de 20 ans visée par l'étude. La proportion des terres agricoles consacrées à la culture en rangs (7 p. 100) et celle des terres agricoles dans la catégorie des « autres terres » (50 p. 100) sont demeurées relativement constantes. La superficie des terres en culture tous les ans a augmenté d'un peu plus de 20 000 hectares, de 1981 à 2001. La proportion des terres en culture consacrées à la production de céréales (21 p. 100, environ), de maïs (2 p. 100, environ) et de pomme de terre (16 p. 100, environ) est demeurée relativement constante. La proportion des terres en culture consacrées à la production de fourrages a diminué, passant de 56 p. 100 à 52 p. 100 des terres en culture, pendant la période de 20 ans visée par l'étude. On n'a décelé aucune tendance nette dans la combinaison des méthodes de travail du sol, puisque les méthodes classiques de travail du sol étaient utilisées sur environ 82 p. 100 des terres en culture pendant toute la période examinée. En 2001, on a effectué un travail de conservation du sol sur environ 15 p. 100 de ces terres et il n'y avait aucun travail du sol sur 3 p. 100. La superficie en jachère était très réduite pendant toute cette période, la proportion ayant diminué à moins de 1 p. 100 en 2001.

**Nouvelle-Écosse :** La superficie totale des terres agricoles et des pâturages a diminué en Nouvelle-Écosse, tandis que la superficie des terres en culture a légèrement augmenté, ce qui indique une intensification de la culture. La superficie totale des terres agricoles en Nouvelle-Écosse a diminué, passant d'environ 0,47 million d'hectares, en 1981, à 0,41 million d'hectares, environ, en 2001. La culture s'est intensifiée : la proportion des terres cultivées a augmenté, passant de 25 p. 100 à 32 p. 100 des terres agricoles, tandis que la proportion des terres en pâturage a diminué, passant de 20 p. 100 à 14 p. 100 pendant la période de 20 ans visée par l'étude. La proportion des terres agricoles consacrées à la culture en rangs (2 p. 100, environ) et celle des terres agricoles dans la catégorie des « autres terres » (57 p. 100, environ) est demeurée relativement constante. La superficie des terres en culture a augmenté d'un peu plus de 15 000 hectares, de 1981 à 2001. La proportion des terres en culture consacrées à la production de céréales a diminué, passant de 16 p. 100, en 1981, à 9 p. 100 en 2001, ce qui représente une diminution d'environ 6 000 hectares. La proportion des terres consacrées à la production de maïs (4 p. 100, environ) et de pomme de terre (2 p. 100, environ) est demeurée relativement constante pendant cette période. La proportion des terres en culture consacrées à la production de fourrages a fluctué autour de 60 p. 100. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, la proportion des terres en culture où l'on a eu recours à ces

méthodes passant de 88 p. 100, en 1991, à 71 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 20 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 8 p. 100. La superficie en jachère était très réduite pendant toute cette période, la proportion diminuant à moins de 1 p. 100 en 2001.

**Île-du-Prince-Édouard :** La superficie totale des terres agricoles et des pâturages a diminué à l'Île-du-Prince-Édouard, tandis que celle des terres en culture a légèrement augmenté de 1981 à 2001. La superficie des terres agricoles a diminué de 0,28 million d'hectares, environ, en 1981, passant à 0,26 million d'hectares, environ, en 2001. La culture s'est intensifiée : la proportion des terres cultivées a augmenté, passant de 57 p. 100 à 67 p. 100 des terres agricoles, tandis que celle des terres en pâturage a diminué, passant de 18 p. 100 à 10 p. 100. La proportion des terres agricoles consacrées à la culture en rangs a augmenté, passant de 11 p. 100, en 1981, à 18 p. 100 en 2001, tandis que la proportion des terres agricoles dans la catégorie des « autres terres » a fluctué autour de 25 p. 100. La superficie des terres en culture a augmenté d'un peu plus de 17 000 hectares, de 1981 à 2001. La proportion des terres en culture consacrées à la production de céréales a diminué, passant de 46 p. 100, en 1981, à 36 p. 100 en 2001, tandis que celle consacrée à la production de pomme de terre a augmenté, passant de 16 p. 100, en 1981, à 25 p. 100 en 2001. La proportion des terres en culture consacrées à la production de maïs (1 p. 100) et de fourrages (33 p. 100) est demeurée relativement constante. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, la proportion des terres en culture où l'on a eu recours à ces méthodes passant de 91 p. 100, en 1991, à 76 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 22 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 2 p. 100. La superficie en jachère était très réduite pendant toute la période à l'étude, la proportion diminuant à moins de 1 p. 100 en 2001.

**Terre-Neuve-et-Labrador :** De 1981 à 2001, la superficie totale des terres agricoles à Terre-Neuve-et-Labrador a augmenté, passant de 33 000 hectares, environ, à 40 000 hectares, environ. La proportion en terres cultivées a augmenté légèrement, passant de 15 p. 100 à 22 p. 100 des terres agricoles, tandis que la proportion des terres agricoles en pâturage a diminué, passant de 64 p. 100 à 24 p. 100, pendant la période de 20 ans visée par l'étude. La proportion des terres agricoles consacrées à la culture en rangs est demeurée relativement stable, à 2 p. 100 environ, et la proportion des terres agricoles dans la catégorie des « autres terres » a fluctué entre 50 p. 100 et 60 p. 100. La superficie des terres en culture tous les ans a augmenté d'un peu plus de 4 000 hectares : la proportion des terres consacrées à la production céréalière a augmenté, passant de 1 p. 100, en 1981, à 3 p. 100 en 2001. La proportion des terres consacrées à la production de pomme de terre a diminué, passant de 8 p. 100, en 1981, à 3 p. 100 en 2001, tandis que celle des terres consacrées à la production de fourrages a fluctué entre 75 p. 100 et 80 p. 100, environ. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, la proportion des terres en culture où l'on a eu recours à ces méthodes passant de 84 p. 100, en 1991, à 76 p. 100 en 2001, année où l'on a pratiqué un travail de conservation du sol sur 13 p. 100 de ces terres et où l'on n'a effectué aucun travail du sol sur 11 p. 100.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), 2004. *Recensement de l'agriculture : Pédo-paysages du Canada* (PPC), v. 3 et *Water Survey of Canada Sub-sub Drainage Area (WSCSSDA), version 5*. Données inédites destinées à la recherche. AAC, Ottawa (Ont.).

Dumanski, J., L.J.Gregorich, V. Kirkwood, M.A. Cann, J.L.B. Culley et D.R. Coote, 1994. *Le point sur l'aménagement des terres agricoles au Canada*. D'après le *Recensement de l'agriculture* de 1991. Bulletin technique 1994-3F. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.).

Statistique Canada, 1997. *Aperçu historique de l'agriculture canadienne*. Statistique Canada, Division de l'agriculture, Ottawa (Ont.).

# 7. Pratiques de gestion agroenvironnementale

**AUTEURS :**
R. Koroluk, A. Piau, J. Grimard, L. Bourque et M. Korol

**SOURCE D'INFORMATION :**
Enquête sur la gestion agroenvironnementale

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 2001

## ■ SOMMAIRE

*La gestion agroenvironnementale a des incidences importantes sur la protection de l'environnement du secteur agricole, et les producteurs canadiens peuvent mettre en œuvre des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) pour l'environnement sans compromettre la rentabilité. Le présent chapitre traite de l'adoption de pratiques bénéfiques à la gestion de facteurs de production agricole comme les engrais minéraux, les pesticides et le fumier ainsi qu'à la gestion de l'eau. Les analyses sont fondées sur une enquête nationale sur la gestion agroenvironnementale réalisée en 2001, mais elles font aussi usage de données puisées d'autres sources d'information connexes. Par exemple, les tendances temporelles de l'entreposage du fumier et des méthodes d'épandage, identifiées par une comparaison avec une enquête réalisée en 1995, font aussi l'objet des discussions.*

*En 2001, la plupart des entreprises agricoles canadiennes utilisaient des engrais minéraux et la moitié procédait à des analyses de sol, selon les recommandations, au moins une fois à intervalles de trois ans. En général, les producteurs réduisent les quantités d'engrais utilisés lorsque des éléments fertilisants sont apportés par l'épandage de fumier. Concernant les méthodes d'application d'engrais, seulement 9 p. 100 des exploitations recourent à l'enfouissement au moyen de coutres ou à l'injection, les méthodes les plus respectueuses de l'environnement. Cependant, l'application au moment des semis, qui est aussi une bonne méthode, car elle réduit les possibilités de perte d'éléments nutritifs, était la méthode prévalente utilisée dans les régions céréalières des Prairies, en particulier la Saskatchewan (58 p. 100). Dans environ 62 p. 100 des exploitations agricoles, le fumier du bétail est entreposé sous forme solide. L'entreposage du fumier liquide a gagné de la faveur dans le secteur laitier, et en général, la capacité d'entreposage du fumier liquide est suffisante pour garantir l'application de bonnes pratiques de gestion. Les méthodes d'épandage du fumier ont peu changé, mais l'approche optimale consistant à injecter le fumier liquide est de plus en plus populaire. Le moment de l'incorporation du fumier n'est pas toujours optimal, de nombreuses exploitations y recouvrant tardivement ou pas du tout, et seulement 15 p. 100 des exploitations appliquent la méthode la plus bénéfique qui consiste à l'incorporer rapidement. Cependant, alors que la prévalence des systèmes de fumier liquide augmente, l'incorporation rapide devrait également augmenter. Bien que les pesticides soient en général appliqués par un opérateur agréé, l'équipement n'est habituellement étalonné qu'une fois au début de la campagne; peu de producteurs procèdent à un nouvel étalonnage avant d'utiliser un pesticide différent. En général, la raison poussant à l'application d'insecticides est optimale, c'est-à-dire lorsque le nombre de ravageurs dépasse les niveaux acceptables, en particulier dans les Prairies. En revanche, le signal qui indiquerait le moment de l'application la plus écologique d'herbicide – soit lorsque les quantités de mauvaises herbes dépassent les niveaux acceptables, n'est pas largement utilisé. Dans l'ensemble, les producteurs canadiens entretiennent des bandes de protection riveraines enherbées et éloignent le bétail des points d'eau, contribuant ainsi à réduire au minimum les effets préjudiciables sur les eaux superficielles.*

## ■ L'ENJEU

D'un point de vue environnemental, bon nombre de décisions en matière de gestion agricole revêtent de l'importance, car elles constituent un lien direct entre le principal centre d'intérêt économique de l'agriculture et les conséquences possibles de la production agricole sur l'environnement. Cependant, les producteurs perçoivent parfois les changements des pratiques agricoles qu'ils effectuent uniquement pour des raisons environnementales comme préjudiciables à la rentabilité. Heureusement, ce type de compromis n'est pas toujours nécessaire, car les producteurs peuvent adopter certaines pratiques de gestion bénéfiques qui leur permettent de maintenir ou d'améliorer la productivité tout en protégeant l'environnement. Le présent chapitre examine la mesure dans laquelle les pratiques appliquées par les agriculteurs canadiens correspondent à la notion de PGB. Les variables rapportées ici ne sont pas des indicateurs agroenvironnementaux en elles-mêmes. Plutôt, il s'agit d'éléments d'information clés qui donnent une précieuse idée des résultats et des tendances révélés par les indicateurs couverts dans le présent rapport. Plus précisément, le présent chapitre insiste sur le degré d'adoption d'un sous-ensemble de PGB clés visant les engrais minéraux, le fumier, les pesticides et la gestion de l'eau.

**Engrais minéraux :** Pour bien croître, la plante a besoin d'un apport adéquat d'éléments fertilisants, en particulier d'azote, de *phosphore* et de potassium. Bon nombre d'agriculteurs tentent d'optimiser la productivité et les rapports économiques de leurs cultures en appliquant des engrais minéraux. Lorsqu'ils sont bien appliqués, aux doses voulues, ces facteurs de production aident à obtenir une culture robuste qui donnera une bonne récolte. Une sous-fertilisation peut entraîner l'épuisement des éléments nutritifs du sol qui se traduira par des pertes économiques pour l'agriculteur. Le total des coûts économiques de l'utilisation de facteurs de production, notamment de l'achat, du transport et de l'application, est un poste d'importance du budget de l'exploitation agricole. Les coûts environnementaux de l'application d'éléments nutritifs peuvent aussi être élevés. Les éléments nutritifs en excès peuvent être perdus par *lessivage*, évaporation, ou *ruissellement*, donnant potentiellement lieu à des problèmes environnementaux comme la pollution des eaux superficielles et souterraines, les dépôts d'*ammoniac* et de pluies acides et les émissions d'*oxyde nitreux* (un gaz à effet de serre). En appliquant de bonnes pratiques de gestion pour optimiser l'emploi d'engrais, les agriculteurs peuvent améliorer les rendements tout en évitant des dépenses et protégeant l'environnement.

**Fumier :** Les populations animales grandissantes et les plus fortes concentrations de sujets dans certaines régions géographiques ont exacerbé les craintes concernant les méthodes d'entreposage et d'application du fumier. C'est peut être le plus grand défi environnemental des éleveurs, défi qui augmentera probablement en raison de la progression du nombre de bêtes et du fait que les exploitations agricoles deviennent plus grandes et plus intensives. Comme facteur de production agricole, le fumier peut être une source non coûteuse d'éléments nutritifs, en compensant le coût et les risques environnementaux possibles des engrais minéraux. Cependant, l'épandage de quantités excessives ou inappropriées peut faire naître des problèmes environnementaux comme celui de l'entraînement dans les eaux superficielles et de la percolation vers les *eaux souterraines*. Ce problème est particulièrement possible dans les localités où les terres agricoles sont limitées, les concentrations d'animaux élevées et les populations urbaines rapprochées.

**Pesticides :** Les pesticides chimiques sont utilisés pour limiter les dommages aux cultures et atténuer les pertes économiques provoquées par les ravageurs des végétaux. Cependant, ces produits peuvent également contribuer à la dégradation de l'environnement. Bien que les pesticides plus récents soient en général moins dangereux et qu'ils s'accompagnent de moins de risques pour l'environnement, il existe encore des craintes concernant leurs effets sur les espèces non ciblées et sur la qualité de l'eau. Un mauvais choix de pesticides ainsi qu'un moment et une dose d'application non appropriés peuvent altérer la qualité du sol et de l'eau en raison de la présence de résidus de pesticides, de la baisse de qualité de l'air sous l'effet du brouillard de pulvérisation et de la vapeur provenant de la volatilisation des substances pulvérisées. De plus, ils pourraient exercer une action négative sur la biodiversité à cause des effets sur les espèces non ciblées et des interférences dans les relations normales prédateur-proie.

**Eau :** La protection de la qualité de l'eau est une priorité primordiale en matière de protection de l'environnement pour tous les Canadiens, comme le montrent de récentes préoccupations pour la santé associées aux approvisionnements en eau domestique. Par ailleurs, les producteurs agricoles ont besoin d'approvisionnements fiables en eau de grande qualité pour l'irrigation et l'abreuvement du bétail. Ces dernières décennies, des changements dans les pratiques de production et d'aménagement des terres ont eu des effets négatifs sur la qualité de l'eau, principalement en raison de la présence accrue de sédiments, d'agents pathogènes, d'éléments nutritifs et de pesticides dans les points d'eau avoisinants. En plus d'une gestion efficace des éléments nutritifs et des pesticides, les producteurs peuvent recourir à certaines pratiques de gestion bénéfiques pour réduire au minimum le risque de contamination de l'eau, comme la protection des zones riveraines et le contrôle de l'accès aux voies d'eau par les animaux des pâturages.

## ■ L'ENQUÊTE

En mars 2002, Statistique Canada, de concert avec Agriculture et Agroalimentaire Canada, a procédé à une enquête sur les méthodes de gestion agricole et leurs rapports avec l'environnement — l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2001 ou EGA (Statistique Canada 2002). Un questionnaire, comportant 57 questions sur divers aspects de la gestion du fumier, des engrais, des pesticides, de l'eau et des terres ainsi que sur la planification environnementale des fermes, a été envoyé à 22 000 exploitants agricoles au Canada (exclusion faite du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut) dont le chiffre d'affaires dépassait 10 000 $. Le but de l'enquête était d'obtenir des données pour compléter l'information recueillie à l'aide du Recensement de l'agriculture de 2001 (Statistique Canada 2001). Cette enquête a été bien accueillie et le taux de réponse global a été supérieur à 76 p. 100.

*En mars 2002, Statistique Canada, de concert avec Agriculture et Agroalimentaire Canada, a procédé à une enquête sur les méthodes de gestion agricole et leurs rapports avec l'environnement.*

L'information figurant dans le présent chapitre a été obtenue à partir d'un sous-ensemble de 15 variables analysées dans l'EGA. Les résultats complets de cette enquête peuvent être obtenus de Statistique Canada. De plus, les résultats sur l'entreposage et l'épandage de fumier obtenus par l'EGA sont comparés à ceux qui découlent d'une enquête semblable — l'Enquête sur la gestion des intrants agricoles de 1995 ou EGIA (Statistique Canada 1995). Cette comparaison avait pour but de déterminer l'évolution avec le temps du degré d'adoption de certaines pratiques de gestion bénéfiques.

## ■ LES LIMITES

Les méthodes de gestion agricole et leurs effets sur l'environnement varient à l'échelon régional, car la production agricole, la qualité des sols, le paysage, le climat et d'autres aspects diffèrent également d'une région à l'autre. Cette variation régionale rend parfois difficile une interprétation cohérente des résultats d'enquête. Par exemple, des méthodes qui s'accompagnent de risques élevés dans une région pourraient bien-être acceptables dans d'autres. Les lecteurs doivent faire preuve de prudence dans l'interprétation des résultats de l'EGA présentés dans ce chapitre. Bien qu'intéressants et pertinents, ces résultats à eux seuls ne suffisent pas pour évaluer les risques environnementaux. Les données de l'EGA servent à brosser un tableau global du degré d'adoption des diverses méthodes agricoles qui peuvent toucher l'environnement. Pour avoir une idée complète du degré de mise en œuvre des méthodes de gestion environnementale et de leurs effets (positifs ou négatifs) sur les *agroécosystèmes*, il faut des données additionnelles et une analyse plus exhaustive. Ces données sont fournies par les indicateurs agroenvironnementaux qui figurent dans le présent rapport. Pour terminer, dans le cas de la gestion du fumier, des différences de conception entre l'EGIA et l'EGA peuvent avoir altéré les comparaisons des résultats de 1995 et de 2001, bien que l'on ait tenté d'en tenir compte.

## ■ RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

**Engrais minéraux :** Les résultats figurent au tableau 7-1. La proportion d'exploitations agricoles qui utilisent les engrais minéraux sur leurs cultures est donnée à titre de référence. En 2001, 75 p. 100

des exploitations agricoles du Canada recouraient aux engrais, dont la plus forte proportion à l'Île-du-Prince-Édouard (85 p. 100) et en Ontario (81 p. 100). C'est en Colombie-Britannique que la proportion était la plus faible avec 62 p. 100, suivie de l'Alberta et du Nouveau-Brunswick (à 69 p. 100 chacun).

1) ***Méthode d'application des engrais :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations agricoles qui recourent aux méthodes suivantes d'application d'engrais minéraux (classées de la plus à la moins respectueuse de l'environnement) : injection dans le sol (engrais liquides et ammoniac anhydre) ou en bandes (engrais sec), application avec les semences, à la volée ou autre. La méthode d'injection réduit les odeurs et la volatilisation de l'azote et améliore l'absorption par les cultures, alors que le placement en bandes accroît l'absorption parce que l'engrais est placé près de la racine. La méthode à la volée est utilisée pour environ un tiers des applications d'engrais minéraux au Canada, de même que l'application avec les semences. L'application à la volée était la méthode la plus populaire dans toutes les provinces, les Prairies exceptées où l'application avec les semences était plus courante. La méthode la plus respectueuse de l'environnement, en l'occurrence, l'enfouissement d'engrais dans le sol au moyen de coutres ou par injection, représentait 9 p. 100 de toutes les méthodes d'application d'engrais commerciaux au Canada. Cette pratique était plus répandue dans les Prairies. L'application en bandes représentait un peu moins de 17 p. 100 de toutes les méthodes.

2) ***Utilisation et la fréquence de l'analyse des éléments nutritifs dans le sol :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations utilisant les engrais minéraux qui recourent à des analyses de sol à intervalles précis : chaque année; à intervalles de deux à trois ans; à intervalles de quatre ou cinq ans; à intervalles supérieurs à cinq ans; pas du tout. Plus la fréquence des analyses est élevée, plus il est possible d'harmoniser les doses d'application aux besoins des cultures. Il est recommandé de procéder à des analyses au moins une fois tous les trois ans. Les résultats de l'EGA indiquent que les analyses des sols constituent une méthode populaire permettant de décider de la quantité et du type d'engrais commerciaux à utiliser. Près des trois quarts des exploitations agricoles du Canada procèdent à l'analyse de leur sol pour déterminer la quantité d'éléments nutritifs résiduels et près de 50 p. 100 de ces exploitations le font au moins tous les trois ans. La plupart des agriculteurs procèdent à l'analyse des sols à intervalles de deux ou trois ans, alors que moins de 20 p. 100 effectuent ces analyses une fois par an. Dans les provinces, ce sont les agriculteurs du Québec et de l'Île-du-Prince-Édouard qui procèdent à l'analyse de leur sol le plus fréquemment, alors que ceux de la Nouvelle-Écosse et, dans une moindre mesure, ceux de la Colombie-Britannique, y recourent en général moins fréquemment. Environ 40 p. 100 des agriculteurs du centre du Canada analysent leur sol à intervalles de deux ou trois ans.

3) ***Réduction des quantités d'engrais utilisés pour tenir compte de la teneur en éléments nutritifs du fumier :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations agricoles utilisant des engrais minéraux qui réduisent la quantité d'engrais lorsqu'elles utilisent du fumier (oui) comparativement à celles qui n'en utilisent pas (non) ou pour lesquelles cette pratique n'est pas applicable (p. ex., celles qui n'épandent pas de fumier sur leur terre). En tenant compte des quantités d'éléments nutritifs apportées par le fumier, il est possible de diminuer le risque que ces éléments ne soient excédentaires et les pertes subséquentes à l'environnement. Près de 43 p. 100 des agriculteurs canadiens réduisent les quantités d'engrais enfouis dans le sol lorsqu'ils y ont épandu du fumier, alors que 13 p. 100 ne le font pas. Ce cas ne s'applique pas au reste de 44 p. 100 des exploitants qui utilisent des engrais. La proportion d'exploitations qui respectent cette pratique de gestion bénéfique est quelque peu plus élevée dans l'Est du Canada et plus faible dans les provinces de l'Ouest.

4) ***Plans de gestion des éléments nutritifs (PGEN) :*** Cet aspect traduit la proportion d'exploitations qui ont dressé un plan de gestion des éléments nutritifs – plan écrit

***Tableau 7-1 : Certains aspects de la gestion des engrais minéraux au Canada, 2001***

| | C.-B. | Alb. | Sask. | Man. | Ont. | Qc | N.-B. | N.-É. | Î.-P.-É. | T.-N. | Canada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Application d'engrais minéraux** | **Proportion des exploitations productrices de cultures (en %)** | | | | | | | | | | |
| **Exploitations utilisant des engrais minéraux** | **62** | **69** | **75** | **78** | **81** | **71** | **69** | **76** | **85** | **71** | **75** |
| **Méthode d'application des engrais** | **Proportion des exploitations utilisant des engrais minéraux (en %)** | | | | | | | | | | |
| Injection ou incorporation | 5 | 10 | 11 | 11 | 7 | 6 | X | 2 | X | X | 9 |
| Post-plantation, surface/bandes latérales | 7 | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | X | 7 | 4 | X | 3 |
| Appliqués avec la semence | 9 | 41 | 58 | 40 | 22 | 27 | X | 12 | 31 | X | 36 |
| En bandes | 11 | 18 | 21 | 20 | 15 | 15 | 15 | 10 | 22 | 16 | 17 |
| À la volée | 56 | 28 | 9 | 26 | 49 | 45 | 51 | 65 | 41 | 56 | 33 |
| Autre | 12 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | X | 5 | X | X | 2 |
| **Fréquence des analyses des éléments nutritifs dans le sol** | **Proportion des exploitations utilisant des engrais minéraux (en %)** | | | | | | | | | | |
| Chaque année | 16 | 26 | 17 | 26 | 14 | 20 | 23 | 11 | 29 | 23 | 20 |
| Tous les 2 ou 3 ans | 23 | 23 | 24 | 27 | 38 | 39 | 22 | 23 | 30 | 27 | 30 |
| Tous les 4 ou 5 ans | 10 | 9 | 10 | 9 | 15 | 23 | 16 | 17 | 15 | 15 | 13 |
| Tous les 5 ans ou plus | 19 | 12 | 13 | 13 | 13 | 9 | 21 | 21 | X | X | 13 |
| Pas d'analyse | 33 | 30 | 35 | 25 | 20 | 8 | 19 | 30 | X | X | 25 |
| **Réduction de la quantité d'engrais pour tenir compte du fumier** | **Proportion des exploitations utilisant des engrais minéraux (en %)** | | | | | | | | | | |
| Oui | 32 | 39 | 21 | 37 | 55 | 72 | 55 | 56 | 72 | 59 | 43 |
| Non | 16 | 15 | 17 | 15 | 8 | 5 | 22 | 13 | X | X | 13 |
| Sans objet | 52 | 46 | 61 | 49 | 37 | 23 | 24 | 32 | X | X | 44 |
| **Plan de gestion des éléments nutritifs (PGEN)** | **Proportion des exploitations utilisant des engrais minéraux (en %)** | | | | | | | | | | |
| Exploitations disposant d'un PGEN | 11 | 11 | 6 | 13 | 12 | 47 | 14 | 5 | 9 | 10 | 15 |

X : Données supprimées pour assurer la confidentialité

Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2001

formel préparé par une personne qualifiée ou un spécialiste et qui tient compte de certaines questions comme de la méthode et de la date d'application, des éléments nutritifs résiduels et de la distance par rapport aux masses d'eau. Ces plans peuvent être préparés dans le dessein d'accroître l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs et de réduire au minimum les risques pour l'environnement ou pour respecter les règlements provinciaux. D'après les résultats de l'EGA, 47 p. 100 des exploitations agricoles du Québec disposent d'un PGEN, chiffre de beaucoup plus élevé que dans les autres provinces canadiennes.

**Fumier :** Les résultats sont présentés dans le tableau 7-2 (entreposage du fumier) et le tableau 7-3 (épandage du fumier). Les résultats d'enquête révèlent qu'en 2001, le fumier animal était entreposé dans environ 76 p. 100 des exploitations canadiennes qui élevaient du bétail. Près de 62 p. 100 de ces exploitations conservaient le fumier sous forme solide, 7 p. 100 sous forme liquide et 7 p. 100 sous une forme combinée de solide et de liquide. Dans ce qui suit, nous comparons de cinq variables évaluées en 1995 et 2001. D'une façon générale, les résultats d'enquête laissent croire que d'importants investissements récents par le secteur de l'élevage sont allés à l'acquisition de nouveaux systèmes perfectionnés d'entreposage du fumier liquide.

5) ***Méthodes d'entreposage du fumier solide et liquide :*** Cet aspect est exprimé en pourcentage d'animaux (bovins laitiers, bovins de boucherie et porcs) pour lesquels divers systèmes d'entreposage sont employés. Dans le cas du fumier solide, les méthodes

d'entreposage comprennent les suivantes : les dalles d'entreposage couvertes (optimales); les dalles à découvert, avec retenue de l'écoulement; les dalles à découvert, sans retenue de l'écoulement; le fumier en litière; le tas de fumier sous un abri; le tas de fumier sans abri (le plus risqué) et d'autres méthodes. Les méthodes d'entreposage du fumier liquide sont le réservoir couvert scellé (optimal); le réservoir sous caillebotis; le réservoir à découvert; la lagune avec revêtement; la lagune sans revêtement (la plus risquée) et d'autres moyens. Les ouvrages utilisés pour l'entreposage du fumier liquide sont parfois jugés plus respectueux de l'environnement que ceux du fumier solide, du fait qu'ils retiennent davantage l'écoulement et qu'ils sont habituellement conçus par des ingénieurs et des sociétés qui se spécialisent dans ce type de construction. Néanmoins, pour une exploitation efficace, les systèmes d'entreposage du fumier liquide nécessitent souvent plus de main-d'œuvre et une plus grande intervention en matière de gestion. De plus, les systèmes d'entreposage du fumier solide ne posent pas nécessairement un risque pour l'environnement si certains facteurs sont propices comme les systèmes de production ou les conditions agronomiques.

En production laitière, le recours à l'entreposage du fumier liquide est en progression, comme le montre la proportion grandissante des élevages laitiers gérés avec des systèmes d'entreposage du fumier liquide entre 1995 et 2001. L'usage plus intensif de ces systèmes se manifeste dans la plupart des régions, en particulier au Manitoba et en Saskatchewan. De plus, le type de système d'entreposage du fumier liquide employé s'est amélioré, les agriculteurs passant des systèmes d'entreposage du fumier liquide à faible retenue, comme les tas de fumier sans abri aux systèmes d'entreposage du fumier liquide constitués de réservoirs avec retenue. Bien que la plupart des fermes de bovins de boucherie recourent aux systèmes d'entreposage du fumier liquide, elles ne représentent encore qu'un très faible segment du secteur. Mieux encore, les producteurs de bovins de boucherie sont passés des systèmes d'entreposage du fumier solide à faible retenue (tas de fumier sans abri/dalle à découvert sans retenue) aux systèmes à plus fort degré de retenue (tas de fumier sous abri/dalle ouverte avec retenue). En 1995, les producteurs de porcs utilisaient principalement les systèmes d'entreposage du fumier liquide dans toutes les régions, sauf dans les provinces de l'Atlantique du Canada. En 2001 cependant, la production porcine de la région de l'Atlantique avait adopté les systèmes d'entreposage du fumier liquide dans la même proportion que le reste du pays.

6) ***Méthode d'épandage du fumier :*** Cet aspect est exprimé en pourcentage de superficies cultivées où le fumier est épandu selon diverses méthodes. Dans le cas du fumier liquide, l'injection directement dans le sol est considérée comme la meilleure pratique. L'épandage en surface et l'application par le système d'irrigation produisent en général plus d'odeurs et sont souvent plus sujets au lessivage des éléments nutritifs et aux pertes d'azote ammoniacal. Les méthodes d'application du fumier aux terres n'ont pas changé de façon appréciable entre 1995 et 2000. L'application du fumier solide par des épandeurs a reculé dans toutes les provinces, la Colombie-Britannique exceptée, situation qui est peut être attribuable au plus grand nombre de systèmes d'entreposage du fumier liquide utilisés au Canada. L'application par les systèmes d'irrigation, qui n'a jamais été une pratique prédominante, digne de mention seulement en Ontario et en Colombie-Britannique, est à la baisse dans l'ensemble du pays. Le taux d'épandage du fumier liquide sur la surface a augmenté dans chacune des provinces de l'Est, mais diminué dans trois des quatre provinces de l'Ouest (bien que l'Alberta ne montre fondamentalement aucun changement). L'injection du fumier liquide a augmenté dans toutes les provinces (la Colombie-Britannique exceptée), en particulier au Manitoba et en Saskatchewan, les deux provinces où le passage des systèmes d'entreposage du fumier solide aux systèmes d'entreposage du fumier liquide par les secteurs laitiers a été le plus marqué.

7) ***Moment de l'incorporation du fumier dans le sol :*** Cet aspect est exprimé en pourcentage de fumier incorporé dans le sol à divers intervalles suivant l'application. L'injection ou l'incorporation immédiatement

## *Tableau 7-2 : Certains aspects des méthodes d'entreposage du fumier au Canada, 1995 et 2001*

### FUMIER SOLIDE

Proportion des animaux pour lesquels chaque méthode est employée (en %)

| | C.-B. | | Alb. | | Sask. | | Man. | | Ont. | | Qc | | Provinces de l'Atlantique | | Canada | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 |
| **Bovins laitiers** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tas de fumier – sans abri | 21 | 7 | 20 | 31 | 56 | 39 | 36 | 30 | 21 | 19 | 53 | 20 | 57 | 30 | 35 | 21 |
| Tas de fumier – sous un abri | 0 | 1 | 3 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| Fumier en litière accumulé | 0 | 6 | 17 | 33 | 40 | 30 | 40 | 33 | 4 | 10 | 0 | 1 | 2 | 6 | 4 | 9 |
| Dalle à découvert, sans retenue de l'écoulement | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 12 | 7 | 3 | 0 | 6 | 10 | 6 |
| Dalle à découvert, avec retenue | 2 | 7 | 0 | 1 | 0 | 3 | 14 | 2 | 13 | 14 | 13 | 16 | 9 | 8 | 11 | 12 |
| Dalle d'entreposage couverte | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 3 | 7 | 1 | 3 |
| Autre installation d'entreposage de fumier solide | 2 | 2 | 14 | 2 | 0 | 2 | 4 | 5 | 3 | 4 | 1 | 7 | 10 | 4 | 3 | 5 |
| **Total des installations d'entreposage du fumier solide** | **30** | **34** | **54** | **73** | **97** | **75** | **94** | **71** | **60** | **61** | **75** | **54** | **82** | **60** | **65** | **57** |
| **Bovins de boucherie** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tas de fumier – sans abri | 49 | 58 | 46 | 50 | 52 | 49 | 45 | 57 | 40 | 32 | 71 | 45 | 62 | 48 | 48 | 47 |
| Tas de fumier – sous un abri | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | 2 | 5 | 3 | 1 | 5 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| Fumier en litière accumulé | 47 | 28 | 52 | 35 | 46 | 36 | 46 | 32 | 11 | 23 | 7 | 12 | 20 | 22 | 43 | 31 |
| Dalle à découvert, sans retenue de l'écoulement | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 27 | 15 | 8 | 2 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| Dalle à découvert, avec retenue | 0 | 5 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 | 10 | 8 | 9 | 4 | 9 | 2 | 4 |
| Dalle d'entreposage couverte | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 7 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| Autre installation d'entreposage de fumier solide | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 9 | 1 | 9 | 0 | 2 | 3 | 6 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| **Total des installations d'entreposage de fumier solide** | **100** | **97** | **100** | **95** | **99** | **100** | **100** | **100** | **94** | **84** | **98** | **86** | **93** | **89** | **99** | **94** |
| **Porcs** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tas de fumier – sans abri | 3 | 1 | 6 | 7 | 10 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 0 | 3 | 8 | 9 | 4 | 4 |
| Tas de fumier – sous un abri | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Fumier en litière accumulé | 1 | 0 | 1 | 3 | 5 | 3 | 1 | 2 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 4 |
| Dalle à découvert, sans retenue de l'écoulement | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 1 |
| Dalle à découvert, avec retenue | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Dalle d'entreposage couverte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 1 | 1 |
| Autre installation d'entreposage de fumier solide | 0 | 4 | 1 | 9 | 0 | 2 | 1 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 28 | 1 | 1 | 3 |
| **Total des installations d'entreposage de fumier solide** | **4** | **5** | **9** | **24** | **15** | **18** | **4** | **14** | **16** | **16** | **8** | **5** | **52** | **17** | **9** | **14** |

### FUMIER LIQUIDE

Proportion des animaux pour lesquels chaque méthode est employée (en %)

| | C.-B. | | Alb. | | Sask. | | Man. | | Ont. | | Qc | | Provinces de l'Atlantique | | Canada | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 |
| **Bovins laitiers** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lagune sans revêtement | 37 | 17 | 9 | 16 | 1 | 13 | 0 | 9 | 10 | 14 | 14 | 8 | 5 | 11 | 13 | 12 |
| Lagune avec revêtement | 13 | 18 | 23 | 4 | 0 | 3 | 0 | 7 | 4 | 3 | 0 | 2 | 5 | 3 | 5 | 4 |
| Réservoir à découvert | 13 | 14 | 10 | 1 | 0 | 3 | 1 | 3 | 11 | 13 | 11 | 29 | 6 | 9 | 10 | 17 |
| Réservoir sous caillebotis | 0 | 6 | 4 | 5 | 3 | 1 | 0 | 4 | 10 | 7 | 0 | 1 | 2 | 10 | 4 | 4 |
| Réservoir couvert scellé | 8 | 9 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5 | 3 | 5 | 2 | 0 | 2 | 1 | 5 | 3 | 3 |
| Autre installation d'entreposage de fumier liquide | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | 3 |
| **Total des installations d'entreposage du fumier liquide** | **70** | **66** | **46** | **27** | **3** | **25** | **6** | **29** | **40** | **39** | **25** | **46** | **19** | **40** | **35** | **43** |
| **Bovins de boucherie** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lagune sans revêtement | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 7 | 4 | 0 | 3 |
| Lagune avec revêtement | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Réservoir à découvert | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 1 | 8 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Réservoir sous caillebotis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 |
| Réservoir couvert scellé | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Autre installation d'entreposage de fumier liquide | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Total des installations d'entreposage du fumier liquide** | **0** | **3** | **0** | **5** | **1** | **1** | **0** | **0** | **6** | **16** | **2** | **14** | **7** | **11** | **1** | **6** |
| **Porcs** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lagune sans revêtement | 48 | 9 | 21 | 22 | 28 | 18 | 38 | 27 | 10 | 4 | 50 | 5 | 13 | 13 | 30 | 12 |
| Lagune avec revêtement | 0 | 32 | 15 | 33 | 46 | 17 | 1 | 22 | 3 | 2 | 0 | 0 | 13 | 1 | 9 | 12 |
| Réservoir à découvert | 0 | 5 | 6 | 2 | 0 | 0 | 3 | 7 | 24 | 32 | 44 | 74 | 12 | 31 | 18 | 30 |
| Réservoir sous caillebotis | 0 | 41 | 47 | 14 | 11 | 45 | 9 | 18 | 18 | 38 | 0 | 1 | 9 | 17 | 17 | 21 |
| Réservoir couvert scellé | 48 | 9 | 2 | 3 | 0 | 2 | 46 | 6 | 29 | 8 | 3 | 4 | 0 | 21 | 17 | 5 |
| Autre installation d'entreposage de fumier liquide | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0 | 1 | 3 | 12 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| **Total des installations d'entreposage du fumier liquide** | **96** | **95** | **91** | **76** | **85** | **82** | **96** | **86** | **85** | **84** | **100** | **95** | **48** | **83** | **91** | **86** |

X : Données supprimées pour préserver la confidentialité. Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2001
Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion des intrants agricoles de 1995

## *Tableau 7-3 : Certains aspects des méthodes d'épandage du fumier au Canada, 1995 et 2001*

**Proportion des surfaces cultivées recevant du fumier appliqué selon chacune des méthodes (en %)**

| | C.-B. | | Alb. | | Sask. | | Man. | | Ont. | | Qc | | N.-B. | | N.-É. | | Î.-P.-É. | | T.-N. | | Canada | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 |
| **Méthode d'épandage du fumier** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Épandeur de fumier solide | 60 | 65 | 82 | 81 | 89 | 85 | 70 | 66 | 73 | 66 | 62 | 53 | 79 | 69 | 73 | 68 | 85 | 79 | 62 | 57 | **73** | **67** |
| Application par le système d'irrigation | 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | **3** | **2** |
| Application de fumier liquide en surface | 34 | 30 | 15 | 15 | 8 | 6 | 24 | 17 | 22 | 28 | 33 | 42 | 21 | 30 | 26 | 31 | 15 | 21 | 37 | 42 | **23** | **26** |
| Injection de fumier liquide | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 9 | 3 | 16 | 1 | 3 | 2 | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | **2** | **5** |

**Proportion de fumier produit (en %), 2001***

| | C.-B. | Alb. | Sask. | Man. | Ont. | Qc | N.-B. | N.-É. | Î.-P.-É. | T.-N. | Canada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Délai d'incorporation du fumier dans le sol** | | | | | | | | | | | |
| Injecteur ou incorporés le même jour | 16 | 18 | 14 | 21 | 20 | 18 | 16 | X | 14 | X | **18** |
| Incorporés après une semaine de l'application | 29 | 34 | 30 | 34 | 43 | 37 | 41 | X | 33 | X | **35** |
| Fumier laissé à la surface du sol ou incorporé après plus de 7 jours | 55 | 48 | 56 | 46 | 37 | 45 | 44 | X | 54 | X | **47** |

*. Les données ne s'appliquent qu'à 2001

X : Données supprimées pour préserver la confidentialité

**Proportion des exploitations qui entreposent le fumier liquide (tous animaux confondus) (en %)**

| | C.-B. | | Alb. | | Sask. | | Man. | | Ont. | | Qc | | N.-B. | | N.-É. | | Î.-P.-É. | | T.-N. | | Canada | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 |
| **Capacité d'entreposage du fumier liquide** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 jours ou moins | 21 | 8 | 41 | 26 | 36 | 40 | 71 | 34 | 5 | 5 | 2 | X | 0 | X | 16 | 0 | X | X | 0 | 0 | **17** | **8** |
| 101 à 151 jours | 13 | 38 | 13 | 9 | 13 | X | 6 | 14 | 12 | 5 | 4 | X | 50 | X | 16 | 17 | 0 | X | 0 | X | **10** | **6** |
| 151 à 200 jours | 44 | 37 | 16 | 9 | 0 | 10 | X | 8 | 32 | 23 | 10 | 7 | 0 | 21 | 31 | 28 | 74 | 30 | X | 70 | **20** | **15** |
| 201 à 250 jours | 7 | 6 | 3 | 9 | 0 | X | X | 2 | 18 | 18 | 18 | 20 | 50 | 21 | 22 | 30 | X | 25 | X | X | **13** | **16** |
| Plus de 250 jours | 15 | 11 | 28 | 47 | 51 | 39 | 23 | 42 | 33 | 50 | 67 | 71 | 0 | X | 16 | 25 | 0 | X | X | X | **40** | **55** |

X : Données supprimées pour préserver la confidentialité

**Proportion de fumier épandu chaque campagne (%)**

| | C.-B. | | Alb. | | Sask. | | Man. | | Ont. | | Qc | | N.-B. | | N.-É. | | Î.-P.-É. | | T.-N. | | Canada | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 | 95 | 01 |
| **Saison de l'épandage du fumier** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hiver | 9 | 9 | 5 | 3 | 5 | 2 | 7 | 2 | 6 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | X | 2 | X | 2 | 0 | **4** | **2** |
| Printemps | 46 | 53 | 27 | 30 | 20 | 28 | 19 | 20 | 41 | 40 | 27 | 50 | 40 | 53 | 45 | 42 | 61 | 50 | 59 | 54 | **30** | **35** |
| Été | 11 | 19 | 14 | 21 | 26 | 25 | 23 | 23 | 19 | 23 | 23 | X | 23 | 0 | 13 | 27 | 8 | X | 16 | 13 | **20** | **27** |
| Automne | 35 | 23 | 54 | 46 | 49 | 45 | 52 | 56 | 35 | 32 | 50 | 0 | 36 | 47 | 41 | 29 | 29 | 35 | 22 | 33 | **46** | **36** |

X : Données supprimées pour préserver la confidentialité

Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2001

Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion des intrants agricoles de 1995

après l'épandage sont considérées comme les méthodes les plus respectueuses de l'environnement, car elles réduisent les problèmes attribuables aux odeurs et les risques associés au lessivage et aux pertes d'éléments nutritifs. En moyenne, seulement 15 p. 100 des exploitations agricoles injectent du fumier liquide ou incorporent le fumier solide la journée même où ils sont appliqués à la terre. Les exploitations qui le font sont, en général, de plus grande taille que la moyenne, représentant collectivement 18 p. 100 de la quantité de fumier produite. L'incorporation moins d'une semaine après l'épandage, la deuxième meilleure méthode, est pratiquée par 32 p. 100 des exploitations qui génèrent 35 p. 100 du fumier. La méthode la moins respectueuse de l'environnement, qui consiste à incorporer tardivement le fumier ou à ne pas l'incorporer, caractérise plus de la moitié (52 p. 100) de toutes les exploitations agricoles, qui génèrent un peu moins de la moitié (47 p. 100) du fumier. Les modes d'incorporation du fumier ne diffèrent pas sensiblement d'une province à l'autre, bien que d'une façon générale, le Nouveau-Brunswick, le Québec et l'Ontario incorporent le fumier appliqué sur la surface plus rapidement que les autres provinces. Il faudrait souligner que l'information sur cette variable n'est disponible que pour 2001, de sorte qu'il n'est pas possible de procéder à des comparaisons avec 1995.

*En général, la capacité d'entreposage du fumier liquide a augmenté entre 1995 et 2001*

8) ***Capacité d'entreposage du fumier liquide :*** Cet aspect est exprimé par le pourcentage de toutes les exploitations agricoles qui utilisent des systèmes d'entreposage du fumier liquide de diverses capacités. Idéalement, cette capacité devrait être suffisante pour laisser assez de liberté quant au moment où le fumier sera appliqué, en permettant qu'il le soit au moment optimal sur le plan environnemental et économique. Ce moment optimal varie selon la région, mais une capacité minimale de 200 jours est considérée comme un bon repère. En général, la capacité d'entreposage du fumier liquide a augmenté entre 1995 et 2001 dans toutes les exploitations qui utilisent ces systèmes. Le nombre de systèmes de plus faible capacité, qui peuvent conserver moins de 200 jours de production, a diminué; ils ont été remplacés par des systèmes de plus forte capacité. Plus de la moitié (55 p. 100) des exploitations qui utilisaient les systèmes d'entreposage du fumier liquide en 2001 pouvaient conserver plus de 250 jours de production comparativement à 40 p. 100 en 1995. En fait, 10 p. 100 des exploitations pourraient entreposer plus de 400 jours de production de fumier.

9) ***Saison de l'épandage du fumier :*** Cet aspect est exprimé en pourcentage de fumier épandu au cours de chaque campagne. L'application en été après la plantation met les éléments nutritifs immédiatement à la disposition des cultures qui poussent, réduisant les risques de pertes à l'environnement. L'application au printemps, avant la plantation et à l'automne, après la récolte, est plus propice à des pertes d'éléments nutritifs. L'application en hiver n'est habituellement pas jugée appropriée, bien qu'elle puisse être pratiquée sans risque dans certaines régions où les hivers sont très courts, comme dans le Sud de l'Ontario et sur l'île de Vancouver. Ailleurs cependant, les pertes à l'environnement risquent d'être élevées en raison de l'incapacité du sol gelé à absorber les éléments nutritifs du fumier. Bien que la majeure partie du fumier soit épandue au Canada à l'automne et au printemps respectivement, les schémas d'application diffèrent d'une région à l'autre en raison de différences dans le type de bétail et de cultures produits. Les agriculteurs de la Colombie-Britannique, de l'Ontario et de la région de l'Atlantique épandent le gros du fumier produit au printemps. En revanche, ceux des Prairies le font à l'automne.

**Pesticides :** Les résultats paraissent dans le tableau 7-4. La proportion des exploitations productrices de cultures qui recourent aux pesticides (herbicides, insecticides et fongicides) est fournie à titre de référence. En 2001, 73 p. 100 des exploitations agricoles du Canada utilisaient au moins un pesticide. Cette valeur marque une légère baisse de 4 p. 100 par rapport à 1995 (non présentée dans le tableau). Le plus fort pourcentage d'agriculteurs

## *Tableau 7-4 : Certains aspects de la gestion des pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) au Canada, 2001*

| | C.-B. | Alb. | Sask. | Man. | Ont. | Qc | N.-B. | N.-É. | Î.-P.-É. | T.-N. | Canada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Application des pesticides** | Proportion des exploitations productrices de cultures (en %) | | | | | | | | | | |
| Exploitations utilisant des pesticides | 48 | 65 | 83 | 77 | 79 | 68 | 54 | 48 | 80 | 56 | **73** |
| **Pesticide appliqué par une personne agréée** | Proportion des exploitations utilisant des pesticides (en %) | | | | | | | | | | |
| Pesticides appliqués par une personne officiellement agréée | 65 | 48 | 36 | 54 | 93 | 62 | 93 | X | 95 | X | **81** |
| **Fréquence de l'étalonnage du pulvérisateur** | Proportion des exploitations utilisant des pesticides (en %) | | | | | | | | | | |
| Lorsqu'il fait défaut ou lorsqu'il faut remplacer une pièce importante | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 9 | 4 | X | 6 | X | **4** |
| Avant le début de chaque campagne de croissance | 39 | 46 | 54 | 54 | 45 | 49 | 52 | 54 | 60 | 41 | **49** |
| Entre les applications de différents types de pesticides | 15 | 13 | 18 | 13 | 12 | 8 | 11 | 13 | 8 | 37 | **14** |
| Autres | 9 | 5 | 5 | 7 | 6 | 12 | 6 | X | 5 | X | **6** |
| Jamais | 4 | 6 | 6 | 4 | 2 | 3 | 4 | X | 8 | X | **4** |
| Sans objet | 28 | 26 | 14 | 20 | 33 | 20 | 22 | 26 | 14 | 19 | **23** |
| **Raison sur laquelle s'appuie la décision d'appliquer des herbicides** | Proportion des exploitations utilisant des herbicides (en %) | | | | | | | | | | |
| Selon les dates du calendrier | 11 | 3 | 3 | 1 | 10 | 6 | 8 | 19 | 6 | 24 | **6** |
| Dès les premiers signes d'infestation par les mauvaises herbes | 29 | 16 | 18 | 16 | 17 | 28 | 17 | 14 | 15 | 48 | **19** |
| Selon le stade de croissance des cultures | 29 | 56 | 52 | 48 | 50 | 41 | 48 | 51 | 61 | 20 | **50** |
| Selon le dépistage régional des mauvaises herbes | 13 | 14 | 15 | 24 | 15 | 12 | 15 | X | 10 | X | **15** |
| Lorsque les mauvaises herbes dépassent les niveaux acceptables | 17 | 10 | 11 | 10 | 9 | 14 | 13 | X | 8 | X | **11** |
| **Raison justifiant l'application d'un insecticide** | Proportion des exploitations utilisant des insecticides (en %) | | | | | | | | | | |
| Selon les dates du calendrier | 8 | 2 | 2 | 3 | 11 | 6 | 4 | 7 | X | X | **5** |
| Dès les premiers signes d'infestation par les ravageurs | 33 | 26 | 27 | 28 | 26 | 35 | 28 | 42 | 35 | 71 | **28** |
| Selon le stade de croissance des cultures | 13 | 8 | 5 | 11 | 19 | 11 | 15 | X | 16 | X | **11** |
| Selon le dépistage régional des ravageurs | 14 | 13 | 12 | 16 | 15 | 24 | 17 | X | X | X | **15** |
| Lorsque les mauvaises herbes dépassent les niveaux acceptables | 32 | 52 | 53 | 43 | 29 | 24 | 37 | X | 30 | X | **41** |
| **Autres méthodes de lutte antiparasitaires** | Proportion d'exploitations productrices de cultures, chaque exploitation pouvant avoir plus d'une option (en %) | | | | | | | | | | |
| Plante tolérante ou résistante | 2 | 5 | 7 | 7 | 6 | 4 | 2 | 6 | 3 | X | **6** |
| Cultures intercalaires | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 8 | **2** |
| Engrais verts | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 9 | 4 | 4 | 5 | 8 | **3** |
| Culture de couverture | 6 | 6 | 3 | 4 | 8 | 4 | 6 | 8 | 6 | 6 | **5** |
| Semis d'automne | 3 | 2 | 2 | 6 | 3 | 1 | 4 | 6 | 4 | X | **3** |
| Travail du sol | 16 | 37 | 47 | 44 | 23 | 27 | 20 | 16 | 24 | 18 | **32** |
| Sarclage mécanique au moyen d'une houe rotative à pointe | 4 | 2 | 1 | 1 | 5 | 7 | 4 | 3 | 3 | 7 | **3** |
| Sarclage mécanique au moyen d'un cultivateur | 9 | 13 | 20 | 14 | 14 | 19 | 11 | 5 | 15 | 13 | **15** |
| Sarclage manuel | 18 | 6 | 3 | 3 | 12 | 6 | 7 | 18 | 5 | 21 | **8** |
| Prédateurs | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | X | 4 | 1 | 0 | **1** |
| Parasites | 2 | X | 0 | 0 | 1 | X | 0 | 1 | X | X | **0** |
| Parsitoïdes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | X | 0 | **0** |
| Phéromones | 4 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | X | 2 | X | 0 | **0** |
| Agents pathogènes | 0 | X | X | X | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | **0** |
| Bacillus thuringiensis (Bt) | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | 4 | X | 2 | X | 0 | **2** |
| Couvre-sol | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 5 | 2 | X | **3** |
| Couvertures flottantes | 1 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | X | **0** |
| Paillage | 8 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 3 | 6 | **2** |
| Pièges à fosse | 1 | 0 | X | X | 0 | 0 | X | X | 0 | X | **0** |
| Autres méthodes | 10 | 18 | 11 | 11 | 10 | 14 | 35 | 7 | 25 | X | **13** |

X : Données supprimées pour préserver la confidentialité

Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2001

qui recourent aux pesticides se retrouvent en Saskatchewan (83 p. 100), suivi de l'Île-du-Prince-Édouard (80 p. 100) et de l'Ontario (79 p. 100). C'est en Colombie-Britannique et en Nouvelle-Écosse que l'on retrouve la plus faible proportion d'agriculteurs recourant aux pesticides (48 p. 100).

10) ***Opérateur antiparasitaire agréé :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations agricoles qui utilisent des pesticides dont l'application est assurée par quelqu'un ayant une formation agréé pour le faire. Compte tenu de la nature des pesticides et de l'importance d'une manutention et d'une application appropriées, on a demandé aux producteurs si l'application des pesticides dans leur exploitation était réalisée par quelqu'un d'officiellement agréé pour le faire. À l'échelle nationale, 61 p. 100 des agriculteurs ont répondu par l'affirmative. En Ontario, à l'Île-du-Prince-Édouard et au Nouveau-Brunswick, le pourcentage d'opérateurs agréés était bien supérieur à 90 p. 100.

11) ***Fréquence de l'étalonnage des pulvérisateurs :*** Cet aspect est exprimé en pourcentage d'exploitations agricoles qui appliquent des pesticides en recourant à un matériel calibré à intervalles précis : entre les applications de différents herbicides (méthode optimale); au début de la campagne de végétation; lorsque le pulvérisateur brise ou que des pièces d'importance doivent être remplacées; autres ou sans objet (les pesticides ne sont pas appliqués à l'aide d'un pulvérisateur). L'étalonnage précédant l'application d'un pesticide différent aide à s'assurer de l'emploi de la dose exacte. Près de la moitié des agriculteurs du Canada ne procèdent à l'étalonnage de leurs pulvérisateurs qu'au début de chaque campagne. Seulement 14 p. 100 des agriculteurs canadiens procèdent à l'étalonnage de leurs pulvérisateurs entre les applications de pesticides différents (la meilleure méthode), montrant ainsi qu'il y a place à l'amélioration.

12) ***Moment de l'application des herbicides et des insecticides :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations agricoles qui utilisent des pesticides lorsque ce traitement est justifié par l'une des situations suivantes : lorsque les mauvaises herbes dépassent un niveau acceptable (p. ex., au seuil de préjudice économique), qui représente la méthode optimale; selon le dépistage régional des mauvaises herbes; au stade de croissance des cultures; aux premiers signes d'apparition des mauvaises herbes; ou à des dates fixes (la méthode la plus risquée). L'application de pesticides uniquement lorsque les contraintes imposées par les mauvaises herbes approchent ou dépassent les niveaux économiques permet de réduire les quantités employées ainsi que les coûts et les risques environnementaux connexes.

La moitié (50 p. 100) des exploitations agricoles du Canada appliquent des herbicides selon le stade de croissance de leurs cultures. Toutes les provinces ont signalé des pourcentages semblables, sauf Terre-Neuve-et-Labrador et la Colombie-Britannique où les valeurs sont beaucoup plus faibles. Le deuxième facteur déclenchant une application d'herbicide est constitué par le premier signe d'apparition des mauvaises herbes (19 p. 100), suivi du dépistage régional des ravageurs (15 p. 100). La première méthode était populaire à Terre-Neuve-et-Labrador ainsi qu'en Colombie-Britannique. La méthode la plus risquée — l'application d'herbicides à dates fixes — était la moins utilisée dans toutes les provinces, sauf en Ontario (uniquement 10 p. 100) et à Terre-Neuve-et-Labrador (24 p. 100). Cette approche était assez dominante en Nouvelle-Écosse (19 p. 100). Pour ce qui est de l'utilisation d'insecticides, 41 p. 100 des agriculteurs la pratiquent lorsqu'ils croient que le taux d'infestation dépasse les niveaux acceptables (méthode optimale). Bien qu'une variation considérable ait été observée dans l'ensemble du pays, cette méthode était particulièrement populaire dans les Prairies (entre 43 et 53 p. 100). Un autre groupe de 28 p. 100 d'agriculteurs canadiens recourait aux pesticides aux premiers signes d'infestation (à 71 p. 100, la proportion était la plus forte à Terre-Neuve-et-Labrador).

13) ***Autres méthodes de lutte antiparasitaire :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations agricoles qui utilisent diverses méthodes de lutte antiparasitaires non chimiques. Si la plupart de ces méthodes sont courantes depuis de nombreuses années (c.-à-d. les méthodes du travail du sol), certaines sont des innovations plus récentes

(p. ex., Bacillus thuringiensis). Bien qu'il n'existe pas de pratique unique qui soit la plus optimale, ces méthodes de remplacement indiquent en général des efforts visant à réduire autant que possible l'utilisation des pesticides. Le travail du sol est la méthode la plus couramment utilisée au Canada pour lutter contre les mauvaises herbes. Le désherbage mécanique avec des cultivateurs et manuellement est aussi utilisé fréquemment. Certaines méthodes de lutte antiparasitaire peuvent être considérées comme des méthodes biologiques, car elles supposent l'utilisation d'agents biologiques comme des prédateurs et des parasites. Ces méthodes biologiques constituent une proportion relativement faible de toutes les méthodes de lutte antiparasitaire de remplacement, la Colombie-Britannique, la Nouvelle-Écosse, l'Ontario et le Québec les utilisant à un taux quelque peu supérieur à la moyenne nationale.

**Eau :** Il est possible d'adopter certaines pratiques de gestion agricole bénéfiques pour réduire au minimum les menaces aux plans d'eau superficiels accompagnant les activités agricoles. En plus de la gestion des facteurs de production agricole, l'EGA a fait la lumière sur le degré d'adoption de certaines pratiques de gestion de l'eau, dont trois font l'objet des discussions suivantes (tableau 7-5).

14) ***Aires de végétation adjacentes aux sources naturelles d'eau :*** Ce facteur est exprimé en proportion d'exploitations agricoles comptant des aires adjacentes à des plans d'eau superficiels qui gardent de la végétation sur ces surfaces. La présence d'un couvert végétal sur des superficies adjacentes à des plans d'eau naturels aide à prévenir la dégradation des rives et intercepte le ruissellement provenant des terres agricoles qui renferme des particules de sol, des éléments nutritifs et des pesticides. Dans l'enquête, on a demandé aux agriculteurs s'ils recouraient à cette pratique, mais on n'a pas recueilli de données sur la mesure dans laquelle il le faisait (p. ex., si toutes les superficies possibles étaient intégralement ou partiellement couvertes de végétation). En 2001, 76 p. 100 des exploitations canadiennes entretenaient un couvert végétal sur au moins une portion de leurs terres adjacentes à des plans d'eau naturels. Cette proportion est comparable pour toutes les provinces, bien

***Tableau 7-5 : Certains aspects des méthodes de gestion agricole visant la protection de l'eau au Canada en 2001***

| | C.-B. | Alb. | Sask. | Man. | Ont. | Qc | Prov. de l'Atlantique | Canada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Végétation des superficies adjacentes aux eaux superficielles naturelles** | | | | | | | | |
| | Proportion des exploitations comptant des superficies adjacentes à des eaux superficielles naturelles (en %) | | | | | | | |
| Oui* | 77 | 76 | 79 | 79 | 78 | 70 | 73 | **76** |
| Non | 23 | 24 | 21 | 21 | 22 | 30 | 27 | **24** |
| **Prévention de l'accès direct des animaux des pâturages aux plans d'eau superficiels** | | | | | | | | |
| | Proportion des exploitations comptant des animaux de pâturages (en %) | | | | | | | |
| Oui | 63 | 52 | 41 | 54 | 74 | 60 | 61 | **57** |
| Non | 37 | 48 | 59 | 46 | 26 | 40 | 39 | **43** |
| **Alimentation des animaux de pâturages à plus de 100 mètres des plans d'eau superficiels durant l'hiver** | | | | | | | | |
| | Proportion des exploitations ayant des animaux de pâturages (en %) | | | | | | | |
| Oui | 90 | 93 | 89 | 91 | 91 | 90 | 88 | **91** |
| Non | 10 | 7 | 11 | 9 | 9 | 10 | 12 | **9** |

* Au moins une partie des superficies adjacentes aux eaux superficielles naturelles est couverte de végétation dans ces exploitations.
X : Données supprimées pour préserver la confidentialité
Source : Statistique Canada, Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2001

qu'elle soit légèrement supérieure dans l'Ouest du Canada et en Ontario (tous deux supérieurs à la moyenne).

15) ***Prévention de l'accès du bétail aux plans d'eau superficiels :*** Cet aspect est exprimé en proportion des exploitations agricoles qui empêchent que le bétail des pâturages n'ait un accès direct aux plans d'eau superficiels. Les animaux qui paissent peuvent déposer du fumier directement dans l'eau, accroître la charge en éléments nutritifs et augmenter le risque de contamination par des agents pathogènes. Ces bêtes peuvent aussi altérer les zones riveraines, provoquant une érosion, un compactage et une sédimentation grandissants. À l'échelle nationale, en 2001, 57 p. 100 des exploitations agricoles qui comptaient des bêtes en pâturage ne leur permettaient pas d'accéder aux plans d'eau superficiels, les plus fortes proportions étant observées dans les provinces de l'Est (en particulier l'Ontario) et en Colombie-Britannique (supérieures à 60 p. 100 dans tous les cas).

16) ***Alimentation des animaux de pâturages loin des plans d'eau superficiels durant les mois d'hiver :*** Cet aspect est exprimé en proportion d'exploitations agricoles qui ne nourrissent pas les animaux de pâturages à moins de 100 mètres des plans d'eau superficiels durant l'hiver. L'alimentation des animaux de pâturages dans des aires concentrées près des plans d'eau superficiels pourrait avoir des effets négatifs sur la qualité de l'eau à cause des éléments nutritifs et des agents pathogènes qui pourraient être entraînés des aires d'alimentation par les eaux de ruissellement. De plus, l'alimentation du bétail dans des aires éloignées des plans d'eau superficiels est un moyen efficace de réduire ce type de risque. En 2001, cette PGB était adoptée par pratiquement toutes les exploitations agricoles qui font paître des animaux, 91 p. 100 des exploitations canadiennes de ce type signalant qu'elles ne nourrissaient pas leurs bêtes à moins de 100 mètres des plans d'eau superficiels durant l'hiver. Ce très fort pourcentage était très constant d'une province à l'autre.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les résultats présentés dans ce chapitre montrent que de bonnes pratiques de gestion des engrais minéraux, du fumier, des pesticides et de l'eau sont appliquées par les exploitations agricoles du Canada. Bien que les pratiques de gestion du fumier se soient améliorées quelque peu, les résultats laissent croire qu'il y a encore énormément de place à l'amélioration dans ce domaine. Dans l'agriculture canadienne, la tendance générale est à l'intensification de la spécialisation et de la production, ainsi qu'au recours à des méthodes et des technologies plus perfectionnées. L'agriculture se dirigeant vers des exploitations plus grandes et plus intensives, la gestion judicieuse des facteurs de production agricole sera un aspect déterminant pour la protection de l'environnement, en particulier dans les régions de production végétale ou animale intensive et dans les régions où le paysage et les conditions climatiques sont propices à un risque environnemental croissant. Dans la plupart des cas, la réduction des risques environnementaux associés à la gestion des facteurs de production va de pair avec la rentabilité de l'exploitation.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Statistique Canada, 2001. *Recensement de l'agriculture*. Statistique Canada, Division de l'agriculture, Ottawa (Ont.). www.statcan.ca/francais/agcensus2001/index_f.htm

Statistique Canada, 2002. *Gestion environnementale des fermes au Canada*. Statistique Canada, Division de l'agriculture, Ottawa (Ont.). www.statcan.ca:8096/bsolc/francais/bsolc?catno=21-021-MIF

Statistique Canada, 1995. *Enquête sur la gestion des intrants agricoles (EGIA) 1995 : Gestion du fumier, des engrais et des pesticides au Canada*. Statistique Canada, Division de l'agriculture, Ottawa (Ont.).

# 8. Couverture des sols

**AUTEURS :**
E. Huffman,
D. Coote,
J.Y. Yang
et F. Chen

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur du degré de couverture des sols

**PORTÉE :**
Échelle nationale, de 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*Les sols agricoles laissés sans protection et exposés aux éléments (sols dénudés) sont vulnérables aux phénomènes de dégradation comme l'érosion par le vent et l'eau, la perte de matières organiques, le bris de structure et la baisse de fertilité. La période pendant laquelle le sol est dénudé dépend de divers facteurs, comme le type de culture, l'ampleur de la croissance végétative et les méthodes de travail employées. L'Indicateur du degré de couverture des sols renseigne sur le nombre de jours de l'année pendant lesquels les sols agricoles sont couverts. Une augmentation du nombre de jours où le sol est couvert avec le temps témoigne d'une amélioration et d'un recul des risques que les sols ne se dégradent ou ne contribuent à la dégradation du milieu environnant.*

*Entre 1981 et 2001, les degrés moyens de couverture des sols au Canada ont augmenté de plus de 5 p. 100. Cette amélioration découlait principalement de l'adoption répandue des méthodes de* travail réduit du sol *et d'une moindre utilisation des jachères dans les Prairies. L'effet de l'élargissement des surfaces de sol couvertes et du travail réduit du sol a été neutralisé dans une large mesure par l'intensification des cultures (abandon des plantes pérennes au profit des cultures annuelles) et par des hausses des surfaces consacrées à certaines cultures comme la pomme de terre, le canola et le soya qui produisent moins de résidus.*

## ■ L'ENJEU

Le *sol dénudé* est plus vulnérable aux phénomènes de dégradation comme l'érosion par le vent et l'eau, la perte de matières organiques, le bris de la structure et la baisse de fertilité. Divers facteurs influent sur la proportion de sol laissé nu au cours d'un cycle de production et sur la période pendant laquelle cela se produit, notamment les suivants : le type de culture, l'ampleur de la croissance végétative et les méthodes de travail du sol employées. La plupart des grandes cultures vivaces, comme le foin, assurent une bonne couverture du sol durant toute l'année, alors que les cultures en lignes annuelles, comme les céréales, laissent le sol exposé à certains moments comme lors de la plantation. D'autres cultures annuelles comme les légumineuses (haricots, pois, etc.) et les oléagineuses (canola, lin, etc.) produisent en général moins de résidus, laissant ainsi une plus large superficie exposée. La productivité du sol et les conditions climatiques ou atmosphériques touchent aussi la couverture du sol en agissant sur l'ampleur de la croissance végétative et, partant, sur la quantité de résidus végétaux couvrant le sol au cours de l'automne, de l'hiver et du printemps. La méthode de travail du sol influe également sur l'ampleur de la couverture du sol, car certaines s'accompagnent de l'enfouissement de la plupart des résidus végétaux dans le sol pour laisser la surface propre en vue de l'ensemencement (appelées « *travail du sol classique* »), alors que le « travail de conservation du sol » laisse plus de résidus de végétaux sur la surface du sol, augmentant ainsi la couverture.

L'augmentation du degré de couverture du sol dans un agroécosystème présente un certain nombre d'avantages :

- la couverture protège contre l'érosion par le vent et l'eau;
- elle ajoute de la matière organique au sol, ce qui contribue à le garder en santé;
- elle facilite la séquestration du carbone dans le sol ce qui aide à diminuer les teneurs en dioxyde de carbone dans l'atmosphère;
- elle assure un meilleur habitat à la faune, ce qui est bénéfique à la biodiversité.

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du degré de couverture des sols traduit le nombre de jours par année au cours desquels les sols agricoles sont couverts durant un cycle caractéristique de production d'une culture. Un « jour de sol couvert » correspond à un sol intégralement couvert pendant une journée, couvert à 50 p. 100 pendant deux jours, à 10 p. 100 pendant 10 jours et ainsi de suite. L'indicateur tient compte de la couverture assurée par la culture, les résidus

laissés à la surface du sol et la neige. Par exemple, un champ de foin vivace a, en général, plus de 300 jours de sol couvert par année, car une faible partie de la surface du sol est exposée à tout moment. En revanche, une culture de soya dans une région où les chutes de neige sont faibles et sans une culture d'hiver peut avoir moins de la moitié de cette valeur.

Les résultats obtenus pour l'indicateur sont exprimés en nombre moyen annuel de jours de sol couvert (JSC) ainsi qu'en proportion des terres arables appartenant à l'une des cinq catégories de jours de sol couvert par année (JSC/an), pour chaque année de recensement comprise entre 1981 et 2001. Ces catégories de degré de couverture des sols sont définies comme suit : très élevé (325 JSC/an ou plus), élevé (de 300 à 324 JSC/an), moyen (de 275 à 299 JSC/an), faible (de 250 à 274 JSC/an) et très faible (249 JSC/an ou moins). Une augmentation avec le temps du nombre de jours de sol couvert ou de la proportion des terres appartenant aux catégories de degré de couverture élevé indique une amélioration de la couverture du sol et une baisse du risque de dégradation de ces sols ou de leur contribution à la dégradation du milieu environnant. L'objectif de rendement visé pour cet indicateur est d'établir une tendance constante à la hausse du nombre de jours de sol couvert avec, comme but ultime, 365 jours de sol couvert dans tous les systèmes de culture.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur est fondé sur un indice de couverture du sol qui est une estimation du nombre de jours de l'année où le sol sera couvert pour chaque combinaison caractéristique de type de culture et de méthode de travail du sol. Ces méthodes de travail correspondent aux définitions que donne le Recensement de l'agriculture du travail classique, du travail de conservation et de la culture sans travail du sol. Par exemple, la méthode classique est définie comme un travail qui « comporte l'enfouissement de la plupart des résidus de récolte » et correspond au *labour en planche* ou au disquage. Le travail de conservation « maintient à la surface la plupart des résidus de récolte » et suppose l'utilisation d'un matériel qui réduit le degré d'altération de la surface du sol ou encore l'utilisation de peu de passages avec un cultivateur traditionnel. La méthode sans travail suppose qu'aucun labour n'a lieu avant la plantation.

Pour l'estimation du nombre de jours de sol couvert, nous avons établi un calendrier annuel d'activités « typiques » au champ, avec le couvert résultant, pour chaque culture et méthode de travail, dans chaque région écologique. Nous avons alors multiplié le pourcentage de couverture du sol par le nombre de jours entre les opérations pour trouver le nombre de JSC dans chaque phase, puis additionné le nombre de JSC qui s'accumulent

***Tableau 8-1 : Nombre moyen de jours de sol couvert et proportion de terres cultivées appartenant à diverses catégories de degré de couverture des sols, 1981 à 2001***

| Province | Jours de sol couvert — Moyenne annuelle pondérée du nombre de jours de sol couvert (JSC) | | | | | Très élevé (≥325 JSC/an) | | | | | Élevé (300 – 324 JSC/an) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 284 | 293 | 294 | 295 | 295 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 24 | 48 | 54 | 55 | 54 |
| Alb. | 279 | 282 | 286 | 290 | 292 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 27 | 34 | 44 | 57 |
| Sask. | 258 | 263 | 272 | 278 | 278 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 10 |
| Man. | 274 | 278 | 284 | 286 | 288 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 11 | 10 | 13 | 18 |
| Ont. | 268 | 269 | 273 | 280 | 281 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4 | 11 | 14 | 14 | 20 | 14 |
| Qc | 306 | 307 | 306 | 307 | 304 | 30 | 35 | 32 | 32 | 31 | 36 | 35 | 32 | 32 | 27 |
| N.-B. | 324 | 328 | 326 | 327 | 325 | 58 | 69 | 63 | 65 | 67 | 38 | 25 | 32 | 31 | 21 |
| N.-É. | 326 | 329 | 330 | 331 | 330 | 72 | 78 | 76 | 78 | 76 | 20 | 15 | 17 | 19 | 16 |
| Î.-P.-É. | 286 | 289 | 290 | 290 | 291 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 25 | 21 | 14 | 21 |
| T.-N. | 291 | 322 | 318 | 334 | 328 | 0 | 59 | 32 | 85 | 58 | 28 | 23 | 59 | 14 | 39 |
| **Canada** | **272** | **275** | **281** | **285** | **286** | **3** | **3** | **2** | **3** | **3** | **10** | **15** | **17** | **23** | **29** |

entre la plantation durant une année et la plantation l'année suivante. Le degré de couverture du sol tient compte :

- des jours où la couverture du sol connaît d'importants changements (p. ex., plantation, récolte et travail du sol) et du pourcentage de la surface couverte à la fin de l'opération;
- des changements du couvert végétal entre la plantation, la maturité complète et la récolte;
- de la *décomposition* des résidus;
- du nombre total de jours où le sol est couvert de neige;
- de l'enlèvement de la paille par la mise en balles et l'incinération;
- des fauches multiples et du pâturage du foin et des pâturages.

*En moyenne, le degré de couverture du sol au Canada a progressé de 5 p. 100, passant de 272 JSC en 1981 à 286 JSC en 2001.*

On a ensuite calculé la période correspondant à chaque proportion de couverture du sol et additionné les résultats afin d'obtenir le nombre total de jours de sol couvert pendant l'année. Il a fallu produire environ 2 700 tableaux de jour de sol couvert pour prendre en compte tous les types de cultures et toutes les écorégions du Canada. Les données sur 90 p. 100 des zones cultivées proviennent d'études de terrain et bon nombre ont été vérifiées par le personnel de terrain local. Pour les très petites superficies ou pour les cultures rares, il a fallu parfois produire des estimations à partir de valeurs connues propres à des régions, à des cultures et à des méthodes de gestion semblable.

L'indice a ensuite été appliqué aux polygones des Pédo-paysages du Canada, en utilisant les données sur les superficies cultivées et les méthodes de travail du sol tirées des Recensements de l'agriculture de 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001. La superficie correspondant à chaque combinaison culture-méthode de travail a été multipliée par le nombre approprié de jours de sol couvert, et une moyenne pondérée pour toutes les cultures a été calculée pour chaque polygone de Pédo-paysage ainsi que pour de plus grandes unités spatiales comme les provinces.

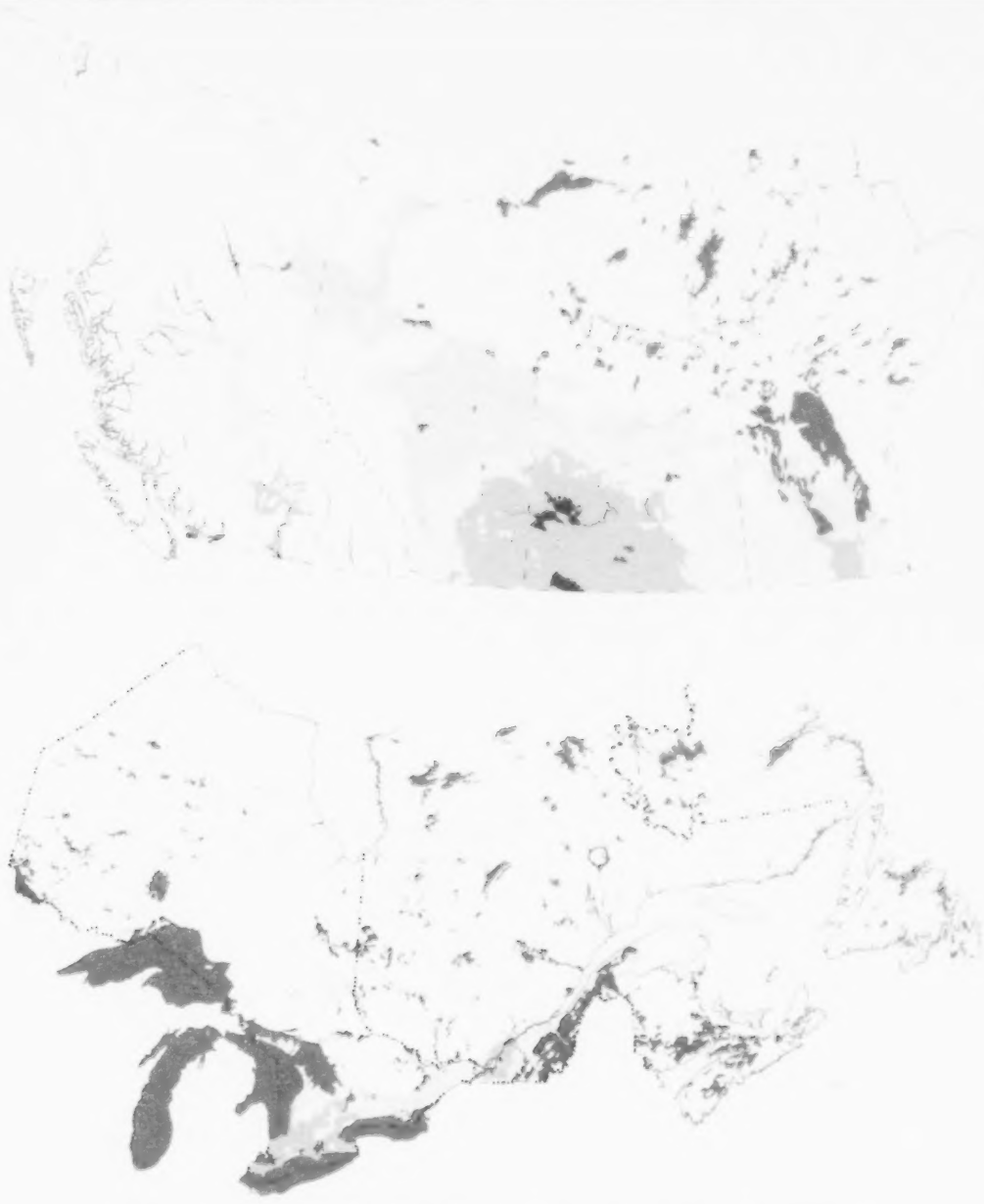
## LIMITES

Un certain nombre d'hypothèses et de limites sont inhérentes à la méthodologie. Par exemple, le recours à des pratiques culturales « typiques » et les moyennes climatiques à long terme (pour la couverture neigeuse, les dates de plantation et de récolte) supposent que les variations locales dans les pratiques culturales, les dates et les conditions météorologiques ne sont pas prises en compte. Cependant, la plus grande limite tient dans ce que les distributions des méthodes de travail, avec les

**Proportion des terres cultivées appartenant à diverses catégories de couverture des sols (en %)**

| Moyen (275 – 299 JSC/an) | | | | | Faible (250 – 274 JSC/an) | | | | | Très faible (< 250 JSC/an) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| 53 | 34 | 32 | 27 | 29 | 17 | 13 | 11 | 9 | 14 | 6 | 4 | 3 | 8 | 2 |
| 42 | 33 | 29 | 28 | 22 | 29 | 30 | 35 | 14 | 21 | 12 | 10 | 2 | 14 | 0 |
| 28 | 40 | 43 | 48 | 42 | 26 | 28 | 50 | 21 | 45 | 46 | 32 | 6 | 25 | 3 |
| 32 | 50 | 67 | 69 | 67 | 61 | 39 | 23 | 15 | 15 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 31 | 26 | 35 | 33 | 39 | 32 | 31 | 32 | 29 | 40 | 25 | 26 | 18 | 16 | 3 |
| 18 | 14 | 21 | 20 | 23 | 15 | 15 | 15 | 13 | 19 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| 4 | 6 | 5 | 4 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 6 | 7 | 2 | 8 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 57 | 60 | 82 | 79 | 19 | 18 | 19 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 15 | 2 | 1 | 3 | 12 | 3 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **33** | **36** | **39** | **40** | **37** | **30** | **28** | **37** | **18** | **30** | **24** | **18** | **5** | **16** | **1** |

***Figure 8-1 : Couverture du sol pour les terres cultivées au Canada, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***



moyennes obtenues pour chaque polygone, étant utilisées également pour toutes les cultures, les différences attribuables au recours au travail de conservation entre les cultures ne sont pas prises en compte. Il s'agit d'un problème constant, et un certain nombre d'études et d'initiatives sont réalisées pour le régler. De la même façon, comme le travail de conservation du sol et les cultures sans travail ne se sont généralisés qu'au cours des 15 à 20 dernières années et que le recensement des méthodes de travail n'a commencé qu'en 1991, pour les besoins de la présente étude, nous avons supposé que les méthodes de travail « classiques » étaient utilisées tant pour les cultures que pour les jachères en 1981 et 1986.

## ■ RÉSULTATS

Les estimations du nombre annuel moyen de jours de sol couvert et la proportion de terres cultivées dans chacune des cinq catégories de degré de couverture des sols par année, pour chaque province et pour l'ensemble du Canada, figurent au tableau 8-1, qui donne un aperçu des tendances du degré de couverture au cours de la période de 1981 à 2001. La figure 8-1 présente la distribution géographique des terres cultivées appartenant aux cinq catégories de couverture du sol en 2001.

**Canada :** En moyenne, le degré de couverture du sol au Canada a progressé de 5 p. 100, passant de 272 JSC en 1981 à 286 JSC en 2001. Le taux d'augmentation s'établissait à environ 2 p. 100 pour les années comprises entre deux recensements entre 1981 et 1996, puis il s'est stabilisé entre 1996 et 2001. La tendance nationale à l'amélioration du degré de couverture des sols entre 1981 et 2001 se traduit par l'énorme augmentation de la proportion de terres cultivées dans la catégorie de degré de couverture élevé. Bien que la proportion appartenant à la catégorie de degré très élevé soit demeurée stable à environ 3 p. 100 tout au cours de la période, la proportion tombant dans la catégorie degré élevé a augmenté de 10 p. 100 des terres cultivées en 1981 à 29 p. 100 en 2001. Les valeurs nationales sont influencées principalement par des changements survenus dans les provinces des Prairies, qui masquent certaines des variations provinciales et régionales.

**Colombie-Britannique :** La moyenne annuelle du nombre de jours de sol couvert a augmenté de 4 p. 100 (de 284 à 295 JSC) au cours de la période de 20 ans, la majeure partie de la hausse se produisant entre 1981 et 1986. La progression s'est poursuivie entre 1986 et 2001 mais à un rythme très faible et déclinant. La proportion de terres cultivées dans la catégorie de degré de couverture le plus élevé est demeurée à 1 p. 100, mais la proportion appartenant à la catégorie de degré élevé a augmenté de 24 p. 100 à 54 p. 100, parallèlement à une baisse dans les catégories inférieures. Le degré de couverture a varié considérablement dans la province, la région des basses-terres continentales affichant une augmentation de 2 p. 100 du nombre de JSC, l'Intérieur, une augmentation de 3 p. 100, et le district de rivière de la Paix, une augmentation de 5 p. 100.

**Alberta :** Dans l'ensemble, le degré de couverture des sols a augmenté de 5 p. 100 dans la province, entre 1981 et 2001, passant de 279 JSC à 292 JSC, avec une variation assez constante entre chaque année de recensement. L'Alberta n'a eu aucune terre agricole appartenant à la catégorie de degré très élevé durant les années, mais la proportion des terres dans la catégorie de degré élevé a progressé de 24 à 54 p. 100, alors que la proportion de terres correspondant au degré très faible a diminué de 12 à 0 p. 100. Dans le Sud-Est de la province (zone de sols bruns), le degré de couverture a augmenté de 4 p. 100, alors que dans le centre (zone de sols brun noir et noirs), la variation a été d'environ 6 à 7 p. 100. Comme en Colombie-Britannique, le degré de couverture des sols dans la région de rivière de la Paix a augmenté de 5 p. 100.

**Saskatchewan :** Cette province a connu l'une des augmentations moyennes les plus élevées du degré de couverture des sols avec 7 p. 100 (de 258 JSC à 278 JSC). Les plus fortes hausses sont survenues entre 1986 et 1991 (3 p. 100) et entre 1991 et 1996 (2 p. 100), comparativement à une hausse de moins de 1 p. 100 entre 1996 et 2001. Les augmentations se sont chiffrées à 4 p. 100 dans le Sud-Ouest et entre 6 et 7 p. 100 dans le Nord et l'Est. Aucune des terres cultivées n'appartenait à la catégorie de degré très élevé de couverture, mais la proportion tombant dans la catégorie de degré élevé est passée de 0 p. 100 à 10 p. 100 alors que la proportion appartenant à la catégorie de degré moyen progressait de 28 à 42 p. 100. Parallèlement, la catégorie de sol de très faible degré de couverture reculait de 46 à 3 p. 100 durant la période visée par l'étude.

**Manitoba :** Le degré de couverture des sols dans cette province a augmenté de 274 JSC à 288 JSC (5 p. 100) entre 1981 et 2001, les plus grandes

augmentations survenant entre 1981 et 1991. Bien qu'il soit encore positif, le taux de changement a diminué depuis 1991. Le Sud-Ouest de la province a connu une augmentation de 6 p. 100, mais la moyenne provinciale a été réduite considérablement par une variation moyenne de seulement 3 p. 100 dans la plaine du lac Winnipeg. Comme dans les autres provinces des Prairies, aucune terre agricole n'appartenait à la catégorie où le degré de couverture était très élevé. Néanmoins, la proportion de terres agricoles dans la catégorie de degré élevé a triplé, passant de 6 à 18 p. 100, alors que pour la catégorie de degré moyen, l'augmentation était de 32 à 67 p. 100.

**Ontario :** La proportion de terres agricoles appartenant aux catégories de degré de couverture très élevé et élevé a progressé légèrement entre 1981 et 2001, passant de 1 p. 100 à 4 p. 100 et de 11 p. 100 à 14 p. 100 respectivement. Les changements les plus manifestes sont survenus dans le cas de la catégorie de très faible degré, qui a diminué de 25 à 3 p. 100. L'augmentation moyenne de 5 p. 100 dans la couverture des sols (de 268 JSC à 281 JSC) se compare à la variation notée en Colombie-Britannique, en Alberta et au Manitoba, mais le plus gros taux de changement s'est produit plus tard (entre 1991 et 1996) que dans les provinces de l'Ouest. Le plus fort taux de changement (7 p. 100) a été enregistré dans le Sud-Ouest de l'Ontario, alors que dans le centre de la province, l'augmentation moyenne a été de 3 p. 100 et que l'Est a connu une baisse de 1 p. 100.

*Ces variations découlent d'une diminution de la proportion de terres cultivées assujetties au travail du sol classique, d'une baisse des superficies en jachère et de hausses du recours à la culture sans travail du sol...*

**Québec :** Tout au cours de la période couverte par l'étude, près de 30 p. 100 des terres agricoles du Québec appartenaient à la catégorie de degré de couverture très élevé. Une baisse de 36 à 27 p. 100 de la proportion de terres agricoles où le degré de couverture était élevé a coïncidé avec des hausses des catégories où la couverture était moyenne (de 18 à 23 p. 100) et faible (de 15 à 19 p. 100). La couverture moyenne des sols du Québec était plus élevée qu'en Ontario et que dans les provinces de l'Ouest pour toutes les années de recensement, mais une diminution légère et régulière est survenue au cours de cette période, la couverture passant de 306 JSC en 1981 à 304 JSC en 2001 (-1 p. 100). Cette réduction globale masque une légère amélioration survenue entre 1981 et 1986. Seuls les cantons de l'Est et les régions de la rive Sud ont connu une hausse (1 p. 100) au cours de la période de 20 ans.

**Nouveau-Brunswick :** Les résultats ressemblent à ceux du Québec, en l'occurrence, une hausse entre 1981 et 1986 puis une baisse jusqu'en 2001. Cependant, la variation globale sur 20 ans s'est traduite par une augmentation de moins de 1 p. 100. La moyenne provinciale témoigne d'une très faible diminution dans la couverture des sols dans les régions où se pratique l'agriculture primaire (vallée de la rivière Saint-Jean et région de Suffolk) et d'une légère amélioration dans le reste de la province. La proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de degré de couverture très élevé est passée de 58 à 67 p. 100, mais la quantité appartenant à la catégorie de degré élevé a diminué de 38 p. 100 à 21 p. 100, alors que la proportion dans la catégorie de degré moyen progressait de 4 à 12 p. 100. Aucune terre agricole n'appartenait aux catégories faible ou très faible.

**Nouvelle-Écosse :** Cette province a eu la plus forte proportion de terres agricoles dans la catégorie de degré de couverture très élevé, soit de 72 p. 100 à 76 p. 100 entre 1981 et 2001. Le degré de couverture des sols de la Nouvelle-Écosse a progressé de tout juste 1 p. 100 entre 1981 et 2001, la majeure partie de la hausse survenant entre 1981 et 1986. Le degré de couverture des sols a augmenté de moins de 1 p. 100 dans la vallée de l'Annapolis, d'un peu plus de 1 p. 100 dans la région de Truro et d'environ 2 p. 100 dans les régions côtières du Sud.

**Île-d- Prince-Édouard :** Aucune terre agricole n'appartenait aux catégories de degré de couverture très élevé ou très faible, et la proportion appartenant à la catégorie de degré faible a reculé de 19 à 0 p. 100 durant les 20 ans de l'étude. Ce résultat s'est traduit par des hausses de la proportion de terres appartenant à la catégorie de degré élevé (14 p. 100 à 21 p. 100) et de degré moyen (67 p. 100 à 79 p. 100). À l'échelle de la province, le degré de couverture des sols a augmenté de 5 JSC entre 1981 et 2001.

**Terre-Neuve-et-Labrador :** Cette province a connu la plus forte augmentation du degré de couverture des sols agricoles entre 1981 et 2001 (12 p. 100) ainsi que la plus forte hausse de la proportion de terres appartenant à la catégorie où le degré de couverture est très élevé, proportion qui est passée de 0 à 58 p. 100. Une hausse considérable est survenue entre 1981 et 1986, une légère baisse entre 1986 et 1991, une autre augmentation entre 1991 et 1996 et enfin une nouvelle diminution entre 1996 et 2001.

## ■ INTERPRÉTATION

Comme il a été souligné antérieurement, les variations du degré de couverture des sols sont attribuables à deux facteurs liés aux pratiques culturales : les changements dans les méthodes de travail du sol, comme l'adoption du travail de conservation et de la méthode sans travail, et des changements dans les superficies couvertes par les cultures. En conséquence, bien que l'adoption de méthodes de conservation puisse augmenter le degré de couverture de 100 p. 100 au moins dans le cas d'une culture particulière, le passage de la méthode sans travail avec une culture laissant beaucoup de résidus, comme le maïs, à la méthode sans travail avec une culture laissant peu de résidus, comme le soya, peut entraîner une diminution de la couverture des sols.

**Canada :** L'amélioration à l'échelle nationale du degré de couverture des sols entre 1981 et 2001 se traduit dans l'énorme hausse de la proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de degré de couverture élevé et dans la baisse des terres appartenant à la catégorie de degré très faible. Ces variations découlent d'une diminution de la proportion de terres cultivées assujetties au travail du sol classique, d'une baisse des superficies en jachère et de hausses du recours au travail de conservation et à la culture sans travail ainsi que des augmentations des superficies sous fourrages. L'augmentation des superficies cultivées et le passage à des cultures assurant une moins bonne couverture, comme le canola, la pomme de terre et le soya, ont entraîné à la baisse la variation du degré de couverture.

**Colombie-Britannique :** La proportion de terres cultivées appartenant à la catégorie de degré de couverture élevé a progressé au détriment des catégories de faible degré de couverture. Cette variation positive est attribuable à une baisse de 42 p. 100 des jachères, à une progression de 13 p. 100 des superficies sous fourrages et à l'adoption de méthodes de travail réduit sur 34 p. 100 des terres cultivées et 37 p. 100 des jachères. Cet effet positif a toutefois été contré par certains facteurs dont une augmentation de 10 p. 100 des terres cultivées, des réductions de 38 et de 50 p. 100 des superficies consacrées respectivement aux céréales de printemps et d'hiver qui donnent beaucoup de résidus et à un élargissement des superficies sous des cultures donnant moins de résidus comme les pois, les haricots, les lentilles, les petits fruits et la vigne.

**Alberta :** Le degré de couverture des sols a progressé dans cette province, principalement sous l'effet de l'élimination des méthodes de travail classiques sur 63 p. 100 des terres cultivées et sur 61 p. 100 des jachères. De plus, les surfaces sous jachères et sous lin (faible couverture) ont diminué de 44 p. 100 et de 61 p. 100 respectivement, alors que les superficies sous fourrages ont progressé de 49 p. 100. Comme ailleurs au Canada, l'augmentation du degré de couverture des sols a été en partie neutralisée par d'autres changements dans les systèmes de culture, plus précisément par une hausse de 15 p. 100 des superficies cultivées, une augmentation de 72 p. 100 des surfaces sous canola, de fortes augmentations des plantations de pommes de terre, de pois, de haricots et de lentilles, une diminution de 65 p. 100 des superficies consacrées aux céréales d'hiver et une baisse de 8 p. 100 des superficies sous céréales de printemps.

**Saskatchewan :** Les augmentations des quantités de terres appartenant aux catégories de degré plus élevé en Saskatchewan sont attribuables à l'adoption de méthodes de travail réduit sur 68 p. 100 des terres agricoles et sur 53 p. 100 des jachères, à une baisse de 53 p. 100 des superficies en jachère et à une augmentation de 60 p. 100 des surfaces cultivées en fourrages. Le degré de couverture a augmenté malgré une expansion de 31 p. 100 des terres cultivées, de fortes augmentations des surfaces sous canola, lin, pommes de terre, pois, haricots et lentilles et une baisse de 11 p. 100 des surfaces sous céréales de printemps et de 34 p. 100 des superficies cultivées en céréales d'hiver.

**Manitoba :** Les hausses du degré de couverture observées peuvent être attribuées à une diminution de 57 p. 100 des jachères, à un recul de 38 p. 100 des surfaces sous lin, à une augmentation de

41 p. 100 des fourrages et au recours aux méthodes de travail réduit sur 46 p. 100 des terres cultivées et sur 50 p. 100 des jachères. Les diminutions des superficies cultivées en végétaux laissant plus de résidus (céréales de printemps, -17 p. 100; maïs grain, -50 p. 100) et les augmentations des surfaces sous cultures laissant moins de résidus (canola, jusqu'à 192 p. 100; pommes de terre, jusqu'à 90 p. 100; pois, haricots et lentilles jusqu'à 174 p. 100) ont eu un effet négatif sur le degré de couverture des sols entre 1981 et 2001.

**Ontario :** Les hausses de la proportion de terres cultivées appartenant aux catégories de degré de couverture allant de moyen à très élevé sont attribuables à l'élimination des méthodes de travail classiques sur 48 p. 100 des terres cultivées et à une réduction de 50 p. 100 des surfaces sous maïs d'ensilage. Ces changements auraient entraîné une plus forte augmentation du degré de couverture des sols, mais le recul des surfaces sous fourrages (-24 p. 100), sous maïs grain (-8 p. 100) et sous céréales de printemps (-22 p. 100) au profit du soya (+227 p. 100) a diminué la quantité de résidus disponibles.

**Québec :** Les facteurs expliquant le passage global des terres cultivées de la catégorie de degré de couverture élevé aux catégories de degré de couverture allant de moyen à faible sont, entre autres, une augmentation de 18 p. 100 des superficies cultivées soumises aux méthodes de travail classiques du sol, un recul de 36 p. 100 des surfaces sous fourrages, une augmentation de 2 000 hectares à 156 000 hectares des terres productrices de haricot, une hausse de 34 p. 100 des superficies consacrées aux légumes et de 300 p. 100 des superficies sous petits fruits. Les augmentations des surfaces consacrées au maïs grain et aux céréales de printemps laissant plus de résidus (164 p. 100 et 45 p. 100 respectivement) et un recul de 38 p. 100 des surfaces sous maïs d'ensilage ont également poussé les valeurs du degré de couverture à la hausse.

**Nouveau-Brunswick :** Les augmentations des quantités de terres agricoles appartenant aux catégories de degré de couverture très élevé et moyen s'expliquent par divers changements dans le mode d'aménagement des terres : une hausse de 28 p. 100 des surfaces sous céréales de printemps, une augmentation de 250 p. 100 des surfaces plantées en céréales d'hiver, un recul de 70 p. 100 des superficies sous légumes, une augmentation de 16 p. 100 des terres cultivées, une baisse de 15 p. 100 des surfaces sous fourrages et une augmentation de 8 p. 100 des terres consacrées aux pommes de terre et de 6 p. 100 des terres soumises aux méthodes de travail classiques.

**Nouvelle-Écosse :** Les légères variations observées en Nouvelle-Écosse s'expliquent par une diminution de 22 p. 100 des superficies des terres cultivées par des méthodes classiques, même si les augmentations des surfaces cultivées (14 p. 100), des superficies sous maïs grain (50 p. 100), sous pommes de terre (34 p. 100) et sous petits fruits (156 p. 100) et les baisses dans les surfaces consacrées aux fourrages (-18 p. 100), aux céréales de printemps (-25 p. 100) et aux céréales d'hiver (-43 p. 100) ont aussi joué un rôle.

**Île-du-Prince-Édouard :** Les changements dans le mode d'aménagement des terres qui ont eu un effet positif sur le degré de couverture des sols sont, entre autres, la baisse des surfaces soumises au travail classique du sol (-11 p. 100), les diminutions des surfaces sous maïs d'ensilage (-39 p. 100) et sous légumes (-40 p. 100) et les augmentations des surfaces consacrées au maïs grain (750 p. 100) et aux céréales d'hiver (125 p. 100). Ces effets positifs ont été quelque peu neutralisés par les répercussions négatives des augmentations des superficies cultivées (11 p. 100), des surfaces sous pommes de terre (68 p. 100) et soya (de 42 à 6 600 hectares : soit une hausse de 6 600 p. 100) et des diminutions des surfaces plantées en fourrages (-20 p. 100) et en céréales de printemps (-12 p. 100).

**Terre-Neuve-et-Labrador :** L'augmentation des quantités de terres cultivées appartenant aux catégories de degré élevé et très élevé est attribuable à des hausses des superficies totales cultivées (85 p. 100), des surfaces sous fourrages (19 p. 100), sous céréales de printemps (382 p. 100) et céréales d'hiver (1 400 p. 100), associées à des baisses des terres soumises au travail classique du sol (-7 p. 100) et consacrées à la pomme de terre (-24 p. 100) et aux légumes (-19 p. 100).

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

À l'échelle nationale, le degré de couverture des sols a progressé à un rythme élevé entre le début et le milieu des années 1990, puis à une vitesse beaucoup plus modeste au cours de la dernière partie de la décennie. Ce résultat laisse croire que le taux d'adoption du travail de conservation atteint un plateau et qu'à l'avenir, l'expansion pourrait bien ne pas suivre le rythme de l'évolution de l'influence

négative des changements dans les systèmes de culture. On peut s'attendre à ce que les changements dans les systèmes culturaux qui ralentissent la tendance à l'amélioration du degré de couverture des sols du Canada, comme l'expansion de la production de légumineuses, d'oléagineux et de pommes de terre, se poursuivent, les producteurs diversifiant leur spéculation et suivant les tendances des marchés. Pour accroitre le degré de protection des sols, il est donc nécessaire d'étendre et d'améliorer les techniques qui permettent d'élargir et de conserver le couvert végétal et les résidus.

Il semble qu'il existe encore des possibilités d'étendre les systèmes de travail réduit du sol, en particulier des méthodes sans travail du sol en Colombie-Britannique, au Manitoba, au Québec et dans les provinces de l'Atlantique, où elles étaient appliquées sur moins de 15 p. 100 des terres cultivées en 2001. L'adoption de méthodes de travail réduit suscite des préoccupations techniques et financières, et bien que ce type de méthodes ne soit pas utilisable avec toutes les cultures, on s'attend à ce qu'elles continuent à s'étendre, bien qu'à un rythme plus faible qu'au cours des 25 dernières années.

Compte tenu de la progression des superficies consacrées à des cultures laissant peu de résidus comme la pomme de terre, le canola, la betterave sucrière, le soya et les cultures horticoles, il est peut être de la plus grande importance d'appliquer des méthodes qui améliorent le degré de couverture des sols dans ces systèmes de culture. La plantation d'un « engrais vert » ou d'un *couvre-sol d'hiver*, lorsque cela est possible, rapidement après la récolte pourrait assurer un plus grand degré de couverture des sols au cours de la longue période s'étendant entre la récolte et la plantation. De la même façon, l'utilisation de céréales ou de graminées dans la zone entre les rangs de cultures horticoles pérennes augmentera la couverture du sol.

La situation de la couverture des sols pourrait ultérieurement profiter grandement des recherches sur la mise au point de cultures associées et hivernantes appropriées, de variétés germant au froid à utiliser avec des méthodes sans travail du sol, de matériel pour mieux maintenir les résidus en surface tout en exécutant bien les opérations de production et peut être même de cultures présentant une plus forte masse de feuillage plus durable.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP), 2003. *Managing Crop Residues on the Prairies*. Enquête sur les *résidus de culture* dans les Prairies (document en ligne). Agriculture et Agroalimentaire Canada, ARAP, Regina (Man.). www.agr.gc.ca/pfra/soil/residue_e.htm

Dumanski, J. , L.J.Gregorich, V. Kirkwood, M.A. Cann, J.L.B. Culley et D.R. Coote, 1994. *Le point sur l'aménagement des terres agricoles au Canada, compilé à partir du Recensement de l'agriculture de 1991*. Bulletin technique 1994-3F, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.).

Huffman, E. , R.G. Eilers, G. Padbury, G. Wall et K.B. MacDonald, 2000. *Canadian Agri-Environmental Indicators Related to Land Quality: Integrating Census and Biophysical Data to Estimate Soil Cover, Wind Erosion and Soil Salinity*. Agriculture, Ecosystems and Environment. 81(2): 113-123. http://cgrg.geog.uvic.ca//abstracts/HuffmanCanadianA.html

Lobb, D.A. , E. Huffman et D. Reicosky, 2005. « Importance of Information on Tillage Practices in the Modelling of Environmental Processes and in the Use of Environmental Indicators », dans *Proceedings of OECD Expert Meeting on Farm Management Indicators and the Environment, Palmerston North, New Zealand, March 8 – 12, 2004*. OCDE, Paris (France).

Statistique Canada, 2005. *Recensement de l'agriculture*. Statistique Canada, Ottawa (Ont.). www.statcan.ca/francais/sdds/3438.htm

Steiner, J.L., H.H. Schomberg et P.W. Unger, 1999. « Predicting Crop Residue Decomposition and Cover for Wind Erosion Simulation », dans *Wind Erosion, an International Symposium/Workshop* (compte rendu en ligne du 1997 International Wind Erosion Symposium). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Wind Erosion Research Unit, Manhatten (Kansas). www.weru.ksu.edu/symposium/proceedings/steiner.pdf

# 9. Efficacité d'utilisation de l'azote

**AUTEURS :**
C. F. Drury, J.Y. Yang, R. De Jong, T. Huffman, V. Kirkwood, X. M. Yang et K. Reid

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Azote résiduel dans le sol

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*L'azote résiduel dans le sol (ARS) représente l'apport azoté au sol qui n'a pas été prélevé dans la portion récoltée de la production végétale. L'indicateur d'azote résiduel dans le sol correspond à la différence entre la somme des apports d'azote (engrais, fumier, fixation biologique et dépôt atmosphérique) et la somme des pertes d'azote (azote prélevé par la récolte et azote perdu par la volatilisation de l'ammoniac et par la* dénitrification*), pour chacune des cinq années de Recensement de l'agriculture de 1981 à 2001.*

*En moyenne, sur les cinq années de recensement, la plupart des terres agricoles au Canada (63 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (24 p. 100) et faible (39 p. 100). La teneur en azote résiduel dans le sol est demeurée relativement stable de 1981 à 1996 (16,1–18,1 kg N ha$^{-1}$), puis a augmenté considérablement (de 50 p. 100 environ) pour atteindre 27,6 kg d'azote par hectare en 2001. Cette hausse était principalement due à une augmentation de la superficie consacrée à la culture des légumineuses à grain (c.-à-d. à un accroissement de la fixation biologique naturelle) sans diminution concomitante de l'épandage d'engrais, ainsi qu'à un rendement des cultures nettement plus faible et à une diminution de l'absorption d'azote par les plantes en raison de conditions climatiques défavorables (sécheresse) qui prévalaient dans un grand nombre de régions au Canada en 2001.*

## ■ L'ENJEU

L'azote est un *élément nutritif* essentiel dont toutes les plantes cultivées ont besoin. Les légumineuses (comme le soja, la luzerne et le trèfle des prés) fixent l'azote de l'atmosphère, mais les plantes non-légumineuses (comme le maïs, les céréales et les pommes de terre) nécessitent un apport d'azote pour une croissance et un rendement optimaux (Drury et Tan 1995). De l'azote est ajouté à ces cultures par l'épandage d'engrais et de fumier, les dépôts atmosphériques ainsi que par la minéralisation des résidus de cultures et de l'azote organique du sol. Il est important de bien gérer l'azote afin de réduire les coûts pour le producteur (achats, transport et application d'engrais minéraux), augmenter au maximum la productivité et stopper la dissipation, à part dans l'environnement de cet élément nutritif essentiel des terres agricoles.

Les pertes d'azote se produisent parce que l'azote ajouté aux cultures n'est pas entièrement utilisé et que, forcément, de l'azote *inorganique* demeure dans le sol à la fin de la saison de croissance (azote résiduel dans le sol). Des risques pour l'environnement peuvent être associés à des surplus excessivement élevés d'azote dans le sol, particulièrement dans les *régions humides*. La plus grande partie de l'azote inorganique résiduel, qui se présente sous forme de nitrates, est soluble et donc susceptible d'être lessivée dans les eaux souterraines, ou d'être emportée avec les eaux de *drainage* vers les fossés, les cours d'eau et les lacs. Une concentration élevée de nitrates dans les eaux de surface contribue à la prolifération des algues et à l'eutrophisation et, s'agissant d'eau potable, peut présenter un risque pour la santé humaine (Chambers et coll. 2001). Dans des conditions anaérobies, les nitrates du sol peuvent également se dissiper (par dénitrification) dans l'atmosphère, sous forme de monoxyde d'azote, d'oxyde nitreux (un gaz à effet de serre puissant) et d'azote gazeux.

La gestion de l'azote est davantage compliquée par certaines conditions climatiques (sécheresse, pluie excessive, gel précoce, etc.) et d'autres facteurs physiques et chimiques du sol, qui peuvent diminuer la croissance des plantes et, par conséquent, l'absorption de l'azote. Cette diminution peut à son tour conduire à d'autres augmentations de la quantité d'azote résiduel dans le sol à la fin de la saison de croissance.

## ■ L'INDICATEUR

On a mis au point l'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) pour estimer la quantité d'azote dans le sol qui est ajoutée en excès des besoins des cultures et, par conséquent, demeure dans les champs après la récolte (MacDonald 2000). L'azote résiduel correspond à la différence entre la quantité d'azote, de toutes les sources, qui est disponible pour la

croissance végétale et celle qui est prélevée dans la portion des cultures récoltée, en moyenne, plus les pertes sous forme gazeuse dans l'atmosphère.

L'indicateur en tant que tel ne donne aucune idée des effets environnementaux de diverses concentrations d'azote résiduel dans le sol dans des conditions environnementales variées. L'azote en excès peut présenter un risque pour l'environnement, mais ce risque est également influencé par d'autres facteurs tels que le type de sol et les conditions climatiques. Dans ces conditions, un deuxième indicateur agroenvironnemental, l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (voir le chapitre 17), met en relation l'azote résiduel dans le sol aux conditions climatiques, ce qui permet d'évaluer la probabilité que de l'azote passe du système agricole aux ressources hydriques.

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol s'exprime par la proportion des terres agricoles attribuée à cinq catégories (voir le tableau 9-1). L'objectif de performance est d'augmenter la proportion des terres agricoles canadiennes se retrouvant dans les catégories d'azote résiduel les plus faibles, soit dans les catégories 1 et 2.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol a été calculé, à l'échelle des Pédo-paysages du Canada (PPC), à l'aide du modèle normalisé CANB (pour Canadian Agricultural Nitrogen Budget, ou bilan azoté de l'agriculture canadienne, version 2.0). Dans ce modèle, on utilise le bilan azoté pour calculer la teneur annuelle en azote résiduel du sol, soit la différence entre les apports et les pertes d'azote, divisée par la superficie totale des terres agricoles dans chacun des polygones du PPC.

***Tableau 9-1 : Catégories d'accumulation d'azote résiduel dans le sol (ARS)***

| Catégorie | Description | Plage de valeurs (kg N $ha^{-1}$) |
|---|---|---|
| 1 | ARS très faible | 0 – 10 |
| 2 | ARS faible | 10 – 20 |
| 3 | ARS modéré | 20 – 30 |
| 4 | ARS élevé | 30 – 40 |
| 5 | ARS très élevé | Supérieure à 40 |

Kg N $ha^{-1}$ = kilogrammes d'azote par hectare

L'apport d'azote représente l'azote total ajouté aux terres agricoles au cours de la saison de croissance : engrais chimiques appliqués aux cultures, fumier épandu aux cultures et aux pâturages, fixation biologique de l'azote par les légumineuses et dépôts secs et humides d'azote provenant de l'atmosphère. On présume que seulement 50 p. 100 de l'azote total du fumier est disponible pour les cultures, tandis que l'autre 50 p. 100 n'est pas accessible dans l'état où il est (35 p. 100 sous forme d'azote organique, et 15 p. 100 d'azote perdu au cours du stockage et de l'épandage).

Les pertes d'azote correspondent à l'azote total prélevé des terres agricoles chaque année dans la portion récoltée des cultures et dans la portion consommée des pâturages, combiné à l'azote gazeux dissipé dans l'atmosphère, principalement par dénitrification, mais également par volatilisation de l'ammoniac.

Les principales données utilisées sont la superficie des principales cultures et leurs rendements, de même que le type et le nombre d'animaux d'élevage. Comme ces données sont recueillies tous les cinq ans dans le cadre du Recensement de l'agriculture, tous les calculs d'apport et de pertes sont fondés sur l'information d'une année de recensement donnée. Par conséquent, l'indicateur calculé rend compte des changements progressifs dans les pratiques de gestion du sol et des cultures à l'échelle du PPC. Divers coefficients et diverses hypothèses, reposant sur des valeurs expérimentales et sur l'opinion d'experts, sont pris en compte dans les calculs (ex. taux d'excrétion des animaux et teneur en azote des déjections [American Society of Agricultural Engineers 2003], taux de fixation biologique, apports d'azote recommandés par les provinces et teneur en azote des produits récoltés). On présume également que 1,25 p. 100 des apports d'azote provenant d'engrais, de fumier et de la fixation biologique a été perdu sous forme d'oxyde nitreux ($N_2O$) par dénitrification (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 2001). L'azote du sol est également perdu sous forme d'azote moléculaire ($N_2$) lors de la dénitrification. Par contre, le ratio $N_2O$ : $N_2$ est très variable et il n'existe pas assez d'information permettant une estimation fiable des pertes sous forme de $N_2$.

## ■ LIMITES

La méthode utilisée pour le calcul de l'indicateur d'azote résiduel dans le sol comporte plusieurs faiblesses. L'indicateur peut servir à déterminer les régions à risque d'accumulation et de pertes d'azote dans l'environnement, mais il repose sur de nombreuses hypothèses et approximations. Les résultats sont donc des estimations, et il faut en tenir compte dans l'interprétation.

Dans l'une des hypothèses, on suppose que les recommandations provinciales officielles relatives à l'apport d'azote sont fiables; or, elles peuvent ne pas traduire les plus récents changements et ne sont pas adaptées en fonction de facteurs tels que l'azote libéré du fumier épandu les années précédentes. On a également présumé qu'une proportion fixe (15 p. 100) de l'azote que contient le fumier est perdue pendant le stockage et la manipulation. Cependant, on sait que les pertes d'azote au cours du stockage varient selon la source du fumier, la méthode de stockage et la forme du fumier (liquide, solide ou compost). Avec le temps, de meilleures données et des modèles plus dynamiques devraient devenir accessibles, ce qui permettrait de mieux estimer les apports d'azote, par exemple, en faisant la différence entre les types de fumier et les méthodes de stockage.

*En moyenne, la plupart des terres agricoles du Canada (63 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (24 p. 100) et faible (39 p. 100).*

Bien que la minéralisation de l'azote (conversion de l'azote organique en azote inorganique) et son immobilisation (conversion de l'azote inorganique en azote organique) dans le sol soient des processus saisonniers, on a présumé que les sols sont dans un état stationnaire, et qu'il n'y a aucun changement net de leur teneur en carbone organique (C) et en azote organique (N) d'une année à l'autre. Si la pratique de gestion adoptée favorise la séquestration de C et de N, alors une portion de l'azote résiduel du sol passera dans le pool d'azote organique jusqu'à ce qu'un nouvel état d'équilibre soit atteint pour le carbone et l'azote organiques. Si on calculait l'indicateur d'azote résiduel dans le sol au cours de ce processus, on surestimerait la quantité d'azote minéral demeurant dans le sol après la récolte. Cette question sera examinée plus en détail dans des études à venir.

Une autre faiblesse évidente dans l'application et l'interprétation des résultats de l'indicateur d'azote résiduel dans le sol est la faible fréquence des recensements (un recensement tous les 5 ans). Cette faible fréquence présente un problème, particulièrement en ce qui concerne la variabilité des rendements découlant de la variation climatique d'une année à l'autre. Dans les années à venir, on évaluera des méthodes complémentaires qui devraient permettre de mieux estimer les teneurs d'azote résiduel dans le sol et régler le problème de l'influence d'une variabilité climatique marquée (et de la baisse de rendement des cultures qui en résulte) coïncidant avec une année de recensement.

## ■ RÉSULTATS

La proportion estimée de terres agricoles dans chaque catégorie d'azote résiduel dans les sols (ARS) pour chacune des provinces et pour le Canada est présentée dans le tableau 9-2. Dans la figure 9-1, on illustre la répartition géographique des terres agricoles dans les cinq catégories d'azote résiduel en 2001. À des fins de simplification, à moins d'indications contraires, les résultats fournis plus bas sont les proportions moyennes de terres agricoles dans les diverses catégories relevée au cours des 20 années de la période d'étude (cinq années de recensement : 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001). Se reporter au tableau 9-1 pour des détails sur les catégories d'azote résiduel dans le sol.

**Canada :** En moyenne, la plupart des terres agricoles du Canada (63 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (24 p. 100) et faible (39 p. 100). Cependant, il y a eu une diminution relativement continue de la proportion de terres agricoles dans ces deux catégories, généralement accompagnée d'une augmentation dans la catégorie modérée. De 1981 à 1996, tout au plus 14 p. 100 des terres agricoles du Canada se trouvaient dans les catégories d'azote résiduel élevée et très élevée. Cependant, en 2001, la proportion de terres agricoles dans ces deux catégories a considérablement augmenté pour atteindre 43 p. 100 (élevée : 28 p. 100; très élevée : 15 p. 100).

***Tableau 9-2 : Proportion des terres agricoles dans les diverses catégories d'azote résiduel dans le sol, 1981 à 2001***

Proportion des terres agricoles dans les diverses catégories d'ARS (%)

| Province | Très faible | | | | | Faible | | | | | Modérée | | | | | Élevée | | | | | Très élevée | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 43 | 37 | 33 | 37 | 26 | 32 | 35 | 32 | 32 | 32 | 13 | 17 | 23 | 19 | 25 | 6 | 6 | 6 | 5 | 11 | 7 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| Alb. | 43 | 53 | 42 | 43 | 26 | 50 | 44 | 46 | 41 | 30 | 7 | 2 | 12 | 16 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Sask. | 14 | 32 | 30 | 22 | 2 | 75 | 56 | 48 | 57 | 16 | 10 | 10 | 18 | 18 | 32 | 1 | 2 | 3 | 2 | 48 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Man. | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 10 | 2 | 2 | 1 | 10 | 10 | 13 | 15 | 9 | 42 | 46 | 38 | 63 | 17 | 43 | 32 | 46 | 20 | 72 |
| Ont. | 8 | 11 | 9 | 4 | 1 | 24 | 55 | 23 | 19 | 5 | 47 | 34 | 63 | 68 | 13 | 20 | 0 | 2 | 5 | 29 | 0 | 0 | 3 | 3 | 52 |
| Qc | 28 | 1 | 6 | 41 | 8 | 40 | 43 | 39 | 35 | 25 | 18 | 26 | 39 | 8 | 48 | 3 | 19 | 6 | 2 | 5 | 11 | 11 | 10 | 13 | 14 |
| N.-B. | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 42 | 0 | 1 | 18 | 16 | 34 | 10 | 24 | 43 | 29 | 13 | 35 | 35 | 15 | 22 | 10 | 55 | 41 | 22 | 33 |
| N.-É. | 9 | 0 | 0 | 56 | 2 | 65 | 0 | 11 | 10 | 5 | 10 | 47 | 49 | 7 | 38 | 2 | 27 | 14 | 5 | 19 | 14 | 26 | 26 | 23 | 37 |
| Î.-P.-É. | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 35 | 19 | 0 | 48 | 0 | 61 | 81 | 56 | 49 | 8 | 3 | 0 | 44 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| T.-N. | 32 | 0 | 25 | 15 | 3 | 13 | 5 | 4 | 3 | 15 | 10 | 6 | 10 | 10 | 22 | 1 | 2 | 0 | 4 | 9 | 44 | 87 | 60 | 68 | 51 |
| **Canada** | **22** | **32** | **28** | **26** | **10** | **52** | **45** | **39** | **41** | **18** | **13** | **10** | **20** | **20** | **29** | **7** | **8** | **7** | **9** | **28** | **6** | **5** | **7** | **3** | **15** |

**Colombie-Britannique :** Conformément aux tendances nationales, 68 p. 100 des terres agricoles en Colombie-Britannique se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel très faible et faible, tandis que seulement 13 p. 100 des terres agricoles se situaient dans les catégories élevée et très élevée. De 1981 à 2001, il y a eu, ici aussi, une baisse graduelle du pourcentage de terres agricoles dans la catégorie d'ARS très faible parallèlement à une hausse dans la catégorie modérée.

**Prairies :** L'Alberta et la Saskatchewan présentaient des profils semblables avec, en moyenne, des proportions élevées de terres agricoles dans les catégories d'azote résiduel très faible et faible (Alb. : 83 p. 100; Sask. : 70 p. 100). Cependant, ces proportions ont changé en 2001 avec une augmentation importante de la proportion de terres agricoles dans les catégories d'ARS modérée et élevée combinées (Alb. : 44 p. 100; Sask. : 80 p. 100). Au Manitoba, la situation est différente : la proportion moyenne de terres agricoles dans les catégories d'azote résiduel très faible et faible n'est que de 5 p. 100. En moyenne, la plupart des terres agricoles du Manitoba (84 p. 100) se rangent dans les catégories d'azote résiduel élevée et très élevée combinées, avec 72 p. 100 des terres agricoles dans la catégorie très élevée en 2001.

**Ontario :** En moyenne, la plupart des terres agricoles de l'Ontario (45 p. 100) se situaient dans la catégorie modérée d'azote résiduel dans le sol, tandis que 23 p. 100 des terres agricoles se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel élevée et très élevée. Dans les régions de catégories d'azote résiduel très faible et faible, la tendance générale était à la baisse, et dans les régions de catégories élevée et très élevée on a constaté une augmentation considérable en 2001 (les deux catégories combinées : 81 p. 100 des terres agricoles).

**Québec :** En moyenne, la plupart des terres agricoles du Québec (53 p. 100) se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel faible et très faible, et seulement 19 p. 100 dans les catégories d'ARS élevée et très élevée. Cependant, avec le temps, on a noté une diminution graduelle dans la catégorie d'ARS faible ainsi qu'une augmentation graduelle dans la catégorie modérée. À la différence des autres provinces, dont les augmentations dans les catégories élevée et très élevée étaient marquées en 2001 par comparaison aux autres années, il n'y avait qu'une augmentation de 4 p. 100 dans ces catégories d'azote résiduel plus élevée de 1996 à 2001 au Québec.

**Provinces de l'Atlantique :** En moyenne, entre 15 p. 100 et 31 p. 100 des terres agricoles du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard se rangeaient dans les catégories d'azote résiduel très faible ou faible. Il y a eu une hausse importante dans les catégories élevée et très élevée entre 1996 et 2001 (N.-B. : 18 p. 100; N.-É. : 28 p. 100; Î.-P.-É. : 92 p. 100). À Terre-Neuve-et-Labrador par contre, la plupart des terres agricoles (de 60 p. 100 à 89 p. 100) se situaient dans les catégories d'ARS élevée et très élevée, de 1986 à 2001.

***Figure 9-1 : Concentration d'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles au Canada, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***

## ■ INTERPRÉTATION

Dans le texte suivant, les teneurs d'apports d'azote, de pertes d'azote et d'azote résiduel dans le sol représentent les moyennes pour les cinq années de recensement, à moins d'indications contraires.

**Canada :** De 1981 à 1996, les apports et les pertes d'azote ont tous deux augmenté de façon similaire en raison de l'augmentation des ventes d'engrais, de la production de fumier par les animaux d'élevage, de la superficie consacrée à la culture des légumineuses de même que des rendements (pertes d'azote). Les pertes d'azote des terres agricoles sont influencées par la nouvelle technologie, les variétés améliorées de plantes et les conditions météorologiques. La variabilité climatique semble être le principal facteur touchant le rendement, et celui-ci a un effet important sur l'absorption d'azote et la quantité d'azote résiduel dans le sol à la récolte.

En 2001, par rapport à 1996, l'apport d'azote a continué d'augmenter, tandis que les pertes d'azote ont diminué. Plus de la moitié (63 p. 100) de la quantité d'azote résiduel calculée pour la période allant de 1996 à 2001 est attribuable à l'augmentation de l'apport d'azote, et environ 37 p. 100 à la diminution des pertes d'azote. L'augmentation des apports d'azote en 2001 était surtout due à l'augmentation de la superficie des cultures de légumineuses, plantes qui fixent l'azote atmosphérique (et à une diminution concomitante de la superficie des cultures de blé, d'orge et de céréales et des terres en jachère), ainsi qu'à l'augmentation du nombre d'animaux d'élevage qui s'est traduite par une plus grande quantité de fumier épandu sur les terres. La diminution des émissions d'azote a été causée principalement par la baisse de rendement d'un certain nombre de cultures, en raison de conditions climatiques défavorables.

**Colombie-Britannique :** De 1981 à 2001, les apports d'azote ont augmenté, mais les pertes d'azote ont diminué légèrement. Comme dans cette même période la quantité d'engrais vendu en Colombie-Britannique était relativement constante, l'augmentation de l'apport d'azote est surtout attribuable à l'augmentation de l'azote provenant du fumier (des volailles, surtout). Conformément à la tendance nationale, la superficie consacrée à la culture du blé, de l'orge et des autres céréales a diminué, tandis que celle consacrée à la culture des légumineuses à grain, des fourrages et de la luzerne a augmenté.

**Alberta :** En Alberta, les apports et les pertes d'azote sont faibles dans le secteur agricole, mais les ventes d'engrais et la production de fumier (de bovins et de porcins) ont augmenté considérablement pendant la période de 20 ans examinée, contribuant ainsi à l'augmentation graduelle de la proportion de terres agricoles rangées dans la catégorie d'azote résiduel modérée (tableau 9-2). Néanmoins, l'Alberta est la province dont la teneur en azote résiduel dans le sol était la plus faible (12 kg N $ha^{-1}$) pour les cinq années de recensement. On a également constaté une diminution de la superficie des terres consacrées à la culture du blé, des céréales et du lin et des terres en jachère, et une augmentation de la superficie des terres consacrées à la culture de légumineuses à grain, de fourrages, de pommes de terre et de luzerne ainsi que des pâturages améliorés. En même temps, l'augmentation du rendement a contribué à faire augmenter les pertes d'azote, ce qui a limité l'augmentation de l'azote résiduel dans le sol.

**Saskatchewan :** La Saskatchewan compte la plus importante superficie de terres agricoles au Canada ainsi que le plus faible apport d'azote. En outre, la densité d'animaux y est relativement faible. Ces caractéristiques se sont traduites par le deuxième rang dans l'ensemble des faibles teneurs en azote résiduel dans le sol, quoique les apports et les pertes d'azote aient augmenté graduellement au cours de la période de 20 ans examinée. L'augmentation des apports d'azote est principalement attribuable à une hausse considérable des ventes d'engrais et de la production de fumier. Conformément à la tendance nationale, les superficies consacrées à la production de légumineuses à grain, de canola, de foin et de luzerne ont augmenté, tandis que la superficie consacrée à la culture du blé a diminué.

**Manitoba :** C'est au Manitoba que la teneur calculée d'azote résiduel dans le sol est la plus élevée par rapport aux autres provinces des Prairies (37 kg N $ha^{-1}$), surtout en raison d'apports d'azote relativement élevés (81 kg N $ha^{-1}$). De 1981 à 2001, les apports d'azote ont ici aussi augmenté de façon linéaire à cause de l'augmentation des ventes d'engrais, du nombre d'animaux d'élevage et de l'azote de fumier. Ici encore, les superficies consacrées à la culture des légumineuses à grain et du canola ont augmenté considérablement, celles consacrées à la culture de la pomme de terre et de la luzerne ont augmenté modérément, tandis que les superficies en jachère ont diminué.

**Ontario :** En Ontario, les apports (112 kg N $ha^{-1}$) et les pertes (87 kg N $ha^{-1}$) d'azote sont plus élevés que dans les Prairies; ils ont tous deux augmenté au cours de la période de 20 ans examinée. De 1986 à 2001, les ventes d'engrais ont diminué, mais les apports d'azote ont augmenté en général, en raison surtout d'une plus importante fixation biologique, attribuable à l'augmentation de la superficie des cultures de soja (20 p. 100 annuellement) et de luzerne, ainsi qu'à une augmentation du nombre d'animaux d'élevage (azote provenant du fumier de volailles et de porcs). L'augmentation de la superficie consacrée à la culture du blé a été contrebalancée par la réduction de la culture d'autres céréales. En outre, les superficies en pâturage ont diminué régulièrement.

**Québec :** Au Québec, les apports et les pertes d'azote ont augmenté. Les apports (110 kg N $ha^{-1}$) et les pertes (84 kg N $ha^{-1}$) ainsi que l'azote résiduel dans le sol (26 kg N $ha^{-1}$) étaient semblables à ce qui a été observé en Ontario. L'augmentation des apports d'azote a été causée par l'augmentation constante des ventes d'engrais et par l'augmentation de la production de fumier en raison du nombre accru de volailles et de porcs. La superficie des cultures de légumineuses (légumineuses à grain, soja et luzerne) a augmenté, tandis que les pâturages ont diminué.

**Provinces de l'Atlantique :** Les apports d'azote élevés et les pertes relativement faibles ont donné lieu à des teneurs d'azote résiduel dans le sol plus élevées au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador comparativement aux résultats obtenus en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario et au Québec. De 1981 à 2001, les apports d'azote ont augmenté dans toutes les provinces de l'Atlantique au cours de la période de 20 ans examinée, et les pertes se sont accrues au Nouveau-Brunswick et à Terre-Neuve-et-Labrador. L'augmentation des apports d'azote était principalement attribuable au nombre accru d'animaux d'élevage (volailles et porcs). La superficie consacrée à la culture du blé, du soja, du canola, de fourrage et de la luzerne a augmenté, tandis que les superficies en pâturage et en jachère ont diminué. En général, dans l'Île-du-Prince-Édouard, les apports d'azote étaient modérés et les pertes élevées, ce qui a donné des teneurs d'azote résiduel dans le sol plus faibles par rapport aux autres provinces de l'Atlantique. Pendant la période de 20 ans examinée, on a observé là encore, une augmentation de la superficie consacrée à la culture des céréales, du soja, des pommes de terre et de la luzerne, mais une diminution pour les pâturages améliorés. À Terre-Neuve-et-Labrador, on a enregistré des résultats d'ARS les plus élevées de toutes les provinces et ce, pour toutes les années de recensement. L'azote résiduel dans le sol pour cette province dépassait 100 kg N $ha^{-1}$ en 1986, en 1996 et en 2001. Ces valeurs élevées rendent compte du nombre plus important d'animaux d'élevage et de la superficie réduite des terres agricoles utilisables pour l'épandage de fumier. Par exemple, en 2001, 75 p. 100 des apports d'azote provenaient du fumier et 21 p. 100 de la fixation biologique par les légumineuses, mais seulement 2 p. 100 étaient attribuables à l'engrais azoté épandu et 1 p. 100 au dépôt atmosphérique. De 1981 à 1986, l'apport d'azote sous forme de fumier a plus que doublé et a continué d'augmenter de 1991 à 2001. La superficie en pâturages prédominait dans les types de cultures, mais elle a tout de même diminué, tandis que la superficie des terres vouées à la culture du foin et de la luzerne a augmenté.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

On devrait examiner plus en détail la situation des régions qui présentent des concentrations élevées et très élevées d'azote résiduel (catégories 4 et 5) afin d'en déterminer la cause probable. On peut confirmer les résultats par une analyse des sols. Là où les concentrations élevées sont confirmées, des mesures doivent être prises pour corriger la situation, et des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) employées pour freiner ou réduire l'ARS à la fin de la saison de croissance. Des analyses de sol à intervalle régulier, une réduction des épandages d'engrais azoté, des estimations améliorées de la minéralisation de l'azote et la synchronisation avec la demande d'azote des cultures représentent d'autres avenues pour l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote. Il est également nécessaire de tenir compte des apports d'azote des cultures de légumineuses dans les recommandations concernant la fertilisation azotée. C'est particulièrement vrai pour les plantes fixant beaucoup d'azote, comme le soja et la luzerne. On peut utiliser des plantes de couverture

dans les régions où l'ARS est élevée, non seulement pour éliminer le nitrate présent dans le sol à la fin de la saison de croissance, mais également pour augmenter la concentration de carbone organique et améliorer la qualité physique du sol (Drury et coll. 1999).

Dans les régions où une densité élevée d'animaux d'élevage est un facteur contributif déterminant des niveaux élevés et très élevés d'azote résiduel dans le sol (la région des basses-terres continentales de la Colombie-Britannique, la région centre-sud de l'Alberta, le Sud de l'Ontario, les basses-terres du fleuve Saint-Laurent au Québec et les régions côtières des basses-terres du Canada atlantique), à moins que le nombre d'animaux d'élevage ne soit réduit ou que les terres disponibles pour l'épandage de fumier n'aient augmenté, il peut être nécessaire d'examiner d'autres méthodes de traitement du fumier ou d'utiliser celui-ci à d'autres fins, comme dans la production de biogaz. L'amélioration des pratiques de gestion ou l'utilisation d'additifs alimentaires pour améliorer l'efficacité de l'alimentation du bétail peut également contribuer à une réduction des quantités d'azote excrétées dans le fumier. Dans les régions où les épandages d'engrais et les cultures de légumineuses sont importants, la réduction des épandages constitue une autre pratique de gestion qui peut être utilisée dans une plus grande mesure pour diminuer l'azote résiduel dans le sol.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2003. « Manure Production and Characteristics ». Pages 683-685 dans *ASAE Standards 2003*, 50e éd. ASAE-The Society for Engineering in Agricultural, Food, and Biological Systems. St. Joseph (Michigan).

Chambers, P.A., M. Guy, E.S. Roberts, M.N. Charlton, R. Kent, C. Gagnon, G. Grove, et N. Foster, 2001. *Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada*. Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

Drury, C.F. et C.S. Tan, 1995. *Long-Term (35 Years) Effects of Fertilization, Rotation and Weather on Corn Yields*. Revue canadienne de phytotechnie. 75 : 355-362.

Drury, C.F., C.S. Tan, T.W. Welacky, T.O. Oloya, A.S. Hamill et S.E. Weaver, 1999. *Red Clover and Tillage Influence on Soil Temperature, Moisture and Corn Emergence*. Agronomy Journal. 91 : 101-108.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques – Contribution du Groupe de travail 1 au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (J.T. Houghton et coll., éd.). Cambridge University Press, Cambridge (R-U). www.ipcc.ch/pub/un/giecgt1.pdf

MacDonald, K.B., 2000. « Azote résiduel », dans McRae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich (éd.). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa/

# 10. Efficacité d'utilisation de l'énergie

AUTEURS :
A. Piau
et M. Korol

NOM DE L'INDICATEUR :
Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie

PORTÉE :
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*L'agriculture, comme d'autres activités humaines, consomme de l'énergie et crée des produits qui en contiennent. Les producteurs agricoles ont une motivation économique à réduire au minimum la consommation d'énergie (souvent associée à une réduction des risques pour l'environnement) tant qu'ils peuvent conserver ou accroître leur production agricole (énergie). Le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie (production d'énergie par unité de consommation d'énergie) a été utilisé pour évaluer l'efficacité de la consommation d'énergie par le secteur agricole. L'indicateur révèle que le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie par l'agriculture canadienne a diminué de 3 p. 100 entre les deux périodes allant de 1981 à 1985 et de 1997 à 2001. Durant ces deux périodes combinées, l'utilisation totale d'énergie a augmenté de 16 p.100 alors que la production d'énergie progressait de 13 p.100. Les variations de l'utilisation globale d'énergie sont principalement attribuables à l'augmentation des* intrants énergétiques *représentés par le carburant diesel et les engrais. La production d'énergie a varié d'une année à l'autre et entre les provinces, mais elle traduit en grande partie une diminution de 31 p.100 dans le cas du blé et une hausse de 169 p.100 dans celui du canola. Ensemble, ces deux cultures étaient à l'origine de 53 p.100 de la production totale d'énergie entre 1997 et 2001.*

## ■ L'ENJEU

En agriculture, les intrants énergétiques servent à actionner les véhicules et les machines agricoles, à fabriquer du matériel et des produits chimiques (par exemple des engrais minéraux, des pesticides) et à exécuter d'autres tâches. Bien que la majeure partie de cette énergie provienne de l'extérieur du secteur agricole (par exemple, de sources pétrolières), une partie est produite par le secteur lui-même (par exemple, les aliments du bétail servant à la production animale). Ultérieurement, l'énergie quitte le système agricole sous la forme de denrées comme les céréales, les cultures horticoles et les animaux ou est dissipée dans l'environnement.

Le maintien de l'agriculture fortement mécanisé d'aujourd'hui ou l'augmentation de la production avec une base foncière fixe, dotée de sols d'une fertilité naturelle limitée supposent, d'une façon générale, une augmentation des quantités d'intrants énergétiques (par exemple d'engrais) ou l'adoption de nouvelles technologies (par exemple, de variétés de céréales à plus haut rendement) ou de nouvelles stratégies de gestion (par exemple, les pratiques de labour minimal ou nul). Les variations des quantités d'intrants ou d'*extrants énergétiques* peuvent survenir à court ou à long terme et traduisent les changements des facteurs suivants : la technologie ou les méthodes de gestion de l'exploitation, les politiques gouvernementales ayant un effet sur les décisions qui touchent l'apport d'énergie et la production d'énergie et les conditions atmosphériques qui influent sur le rendement (qui peuvent causer d'importantes fluctuations de la production d'énergie).

D'un point de vue économique, les agriculteurs ont tout à gagner à utiliser les intrants le plus efficacement possible, réduisant ainsi leurs coûts directs et optimisant leurs profits. De plus, une consommation plus efficace ou réduite des intrants s'accompagne souvent d'une baisse des risques pour l'environnement. Par exemple, les combustibles fossiles et les engrais azotés sont des sources reconnues d'émissions de gaz à effets de serre. La connaissance de la quantité et de la forme d'énergie qui est consommée et produite par l'agriculture, ainsi que de leur mode de fluctuation avec le temps, apporte certains renseignements sur le rendement du système.

## ■ L'INDICATEUR

Le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie consiste fondamentalement en deux sous-indicateurs. Le premier – l'utilisation d'énergie – est une estimation de la quantité d'énergie que renferment les intrants agricoles. Le deuxième – la production d'énergie – évalue la quantité d'énergie contenue dans les produits agricoles. Une augmentation de l'utilisation d'énergie supposera en général une plus grande intensité d'utilisation des ressources et un risque plus élevé pour l'environnement. Réciproquement, une augmentation de la

production d'énergie, sans modification appréciable de la gamme des produits agricoles obtenue, est un signe d'amélioration de la productivité.

Ces deux sous-indicateurs sont combinés pour obtenir un ratio (production d'énergie par unité d'utilisation d'énergie) qui est utilisé pour évaluer l'efficacité énergétique. En examinant soigneusement les mesures de la consommation et de la production énergétique, il est alors possible d'expliquer les fluctuations du ratio d'efficacité. L'objectif en matière de rendement fixé pour cet indicateur est qu'il augmente avec le temps.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Les calculs de la consommation d'énergie, de la production d'énergie et du rapport de l'efficacité de la consommation d'énergie (la production totale d'énergie divisée par la consommation totale d'énergie) ont été réalisés avec des données provinciales et nationales pour chacune des années comprises entre 1981 et 2001. Les résultats couvrant 1981 à 1996 proviennent de Weseen et Lindenbach (1998), mais ont été corrigés pour les harmoniser avec l'approche actualisée utilisée pour les estimations couvrant 1997 à 2001. Les résultats rapportés couvrent trois périodes : 1981 à 1985, 1989 à 1993 et 1997 à 2001. Cette agrégation des résultats en trois périodes de cinq ans crée une base de comparaison plus significative en ce qu'elle atténue, le cas échéant, les fortes fluctuations annuelles des données obtenues.

*La connaissance de la quantité et de la forme d'énergie qui est consommée et produite par l'agriculture (...) apporte certains renseignements sur le rendement du système.*

La consommation d'énergie a été évaluée en recourant à la méthode décrite dans « Energy Use Trends in Canadian Agriculture » (Coxworth 1997), modifiée pour tenir compte de la rareté des données à l'échelon provincial. Les intrants énergétiques considérés dans les calculs sont les produits pétroliers raffinés (le gaz naturel, l'essence, le carburant diesel et les liquides du gaz naturel comme le propane et le butane), l'électricité, l'énergie servant à la fabrication d'engrais minéraux et de pesticides ainsi que l'énergie contenue dans les bâtiments et les machines. Les données entrant dans les calculs des apports d'énergie ont été tirées directement ou indirectement de publications de Statistique Canada et d'autres rapports sur l'énergie. Lorsque les données manquaient pour certaines années, des valeurs ont été estimées à partir de données connues. Pour assurer la cohérence avec d'autres travaux, nous n'avons pas inclus les valeurs de déperdition de ressources énergétiques (facteur qui tient compte de l'extraction, du raffinage et du transport de combustibles fossiles vers l'utilisateur ultime). L'énergie solaire directe a aussi été exclue des calculs. Dans la mesure du possible, les valeurs liées aux produits pétroliers raffinés et à l'électricité ont été corrigées pour tenir compte des usages non agricoles.

Les productions d'énergie ont été calculées pour 34 des denrées les plus abondamment cultivées au Canada (voir le tableau 10-1) en multipliant la quantité de chacune des denrées produites par un coefficient de teneur énergétique. Les données sur la production provenaient des banques de données de Statistiques Canada, alors que les coefficients de teneur énergétique ont été extraits de la banque de données sur les éléments nutritifs du ministère de l'Agriculture des États-Unis. Les quantités de céréales ayant servi à nourrir les animaux ainsi que le foin et l'herbe de pâturage, ont été exclus des calculs pour éviter qu'ils ne soient comptés deux fois (cette teneur en énergie est prise en compte dans la production animale).

L'unité métrique de mesure de l'énergie employée pour l'indicateur est le pétajoule, ou PJ (1 PJ = $10^{15}$ joules). Soulignons qu'une calorie est égale à 4,17 joules; une BTU (British Thermal Unit) correspond à 1 054,6 joules.

## ■ LIMITES

Les valeurs du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie présentées ici peuvent être utilisées, moyennant les précautions appropriées, pour déterminer les tendances de l'efficacité de la consommation énergétique par l'agriculture canadienne. Cependant, l'indicateur ne peut être considéré comme une mesure précise. Pour cela, il faudrait une compréhension complète du cycle de vie intégral de l'énergie par rapport aux technologies actuelles et anciennes. Une augmentation du ratio production/consommation, tel qu'il est

***Tableau 10-1 : Denrées agricoles utilisées dans le calcul de la production d'énergie***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Avoine | Dindon | Maïs (grain) | Pomme de terre |
| Blé de printemps | Durum | œuf | Porc |
| Blé d'hiver | Fraise | Orge | Poulet |
| Bleuet | Framboise | Oignon | Raisin |
| Bœuf | Lait | Pêche | Seigle |
| Canola | Laitue | Poire | Soya |
| Carotte | Lentilles | Pois | Tomate |
| Chou-fleur | Lin | Pois de grande culture | |
| Concombre | Maïs (frais) | Pomme | |

calculé, ne signifie pas nécessairement que l'efficacité de la consommation énergétique s'est améliorée, car la production agricole (et par conséquent, les intrants et les extrants énergétiques) dépend de divers facteurs climatiques et économiques. Par exemple, pour une quantité constante d'intrants donnés, une augmentation du ratio pourrait simplement être attribuable à de meilleures conditions atmosphériques. Les prix du marché peuvent être à l'origine de variations de la production animale qui, à leur tour, influent sur les quantités de blé, d'orge, d'avoine, de canola, de soya, de maïs et de seigle nécessaires pour nourrir les animaux, qui agissent sur les valeurs de la production énergétique obtenues. Ainsi, bien que l'on puisse dire qu'en général plus le ratio est élevé « mieux cela est », une bonne interprétation suppose l'examen soigné et la compréhension des causes des changements.

D'autres limites sont attribuables à la précision et à la disponibilité réduites des données. Une combinaison d'approches est utilisée pour parvenir à des estimations raisonnables et combler ces lacunes, mais de meilleures données pourraient relever la précision de l'indicateur. Il est aussi particulièrement difficile de procéder à des comparaisons à l'échelle des provinces ou des régions compte tenu de la diversité des types d'entreprises agricoles, des méthodes de production et du climat au Canada. Par exemple, une région peut sembler inefficace au chapitre de l'énergie (c'est-à-dire avoir un faible ratio production/consommation) comparativement à d'autres provinces, mais il peut s'agir simplement de l'effet d'un climat plus sec, qui donne lieu à de plus faibles rendements, ou encore du fait que les autres provinces produisent en majeure partie des cultures renfermant plus d'énergie comme les oléagineux. Pour ces motifs, il est plus important de se concentrer sur des tendances plutôt que sur les valeurs énergétiques elles-mêmes.

## ■ RÉSULTATS

Les résultats obtenus pour les deux sous-indicateurs et pour le ratio de l'efficacité sont présentés dans le tableau 10-2 et les figures 10-1 et 10-2 et sont décrits plus bas. Pour des motifs de simplicité, et sauf indication contraire, les tendances indiquées ici renvoient aux différences entre la première (1981-1985) et la dernière périodes (1997-2001) couvertes par cette étude.

**Canada :** À l'échelle nationale, la consommation d'énergie a augmenté de 16 p. 100 (50 PJ), alors que la production d'énergie a progressé de 13 p. 100 (78 PJ). Le résultat en a été une diminution globale de 3 p.100 du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie.

**Colombie-Britannique :** La consommation énergétique a progressé de 37 p.100 (9 PJ), alors que la production d'énergie augmentait de seulement 4 p.100 (0,4 PJ), d'où une diminution de 24 p.100 du ratio de l'efficacité.

**Alberta :** La consommation et la production d'énergie ont augmenté de 8 p.100 (7 PJ) et de 14 p. 100 (21 PJ) respectivement. Le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie a progressé de 5 p. 100.

**Saskatchewan :** La consommation d'énergie a augmenté de 30 p.100 (21 PJ), alors que la production d'énergie ne progressait que de 8 p. 100 (20 PJ). Le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie a diminué de 19 p. 100.

**Manitoba :** La consommation d'énergie a augmenté de 29 p. 100 (10 PJ), alors que la production n'augmentait que de 13 p. 100 (12 PJ). Le ratio de l'efficacité a diminué de 12 p. 100

**Ontario:** La consommation énergétique a progressé de 7 p. 100 (5 PJ), alors que la production augmentait de 20 p. 100 (13 PJ), d'où une hausse de 11 p. 100 du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie.

**Québec :** La consommation d'énergie a augmenté de 9 p. 100 (3 PJ) alors que la production augmentait à un rythme plus rapide, notamment 31 p. 100 (9 PJ). Le ratio a augmenté de 20 p. 100.

**Provinces de l'Atlantique :** La consommation d'énergie a diminué de 15 à 29 p. 100 dans les provinces de l'Atlantique, l'Île-du-Prince-Édouard exceptée, où elle a augmenté de 36 p. 100. La production d'énergie a progressé dans toutes les provinces, dans l'intervalle de 7 à 46 p. 100. Le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie a augmenté dans toutes les provinces de l'Atlantique : 37 p. 100 au Nouveau-Brunswick, 26 p. 100 en Nouvelle-Écosse, 7 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard et 93 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador.

## ■ INTERPRÉTATION

**Canada :** Les fluctuations et la baisse globale du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie découlent d'une hausse proportionnellement supérieure de la consommation par rapport à la production. Du côté des intrants, le plus grand responsable de l'augmentation de la consommation d'énergie est le carburant diesel (en hausse de 78 p. 100), qui représentait l'élément le plus important (28 p. 100) de la consommation totale d'énergie au cours de la période de 1997 à 2001. Cette consommation supérieure du diesel s'explique en partie par sa substitution à la consommation de l'essence (en baisse de 32 p. 100), attribuable à la tendance à long terme de l'augmentation de l'emploi de moteurs diesel dans le secteur. Cependant, l'explication de cette hausse de la consommation de carburant n'est pas précise, car on a constaté une nette augmentation des pratiques de labour minimal et sans labour qui sont associées à une réduction de la consommation de carburant Nagy et coll. 2000). Un autre élément responsable de l'augmentation de la consommation d'énergie est l'énergie associée à l'utilisation des engrais, en hausse de 16 p. 100 (22 p. 100 de la consommation totale d'énergie). Le gros de cette hausse est survenu dans les années 1980, puisque l'augmentation entre

***Tableau 10-2 : Utilisation de l'énergie en agriculture, 1981 à 2001***

| Province | Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie | | | | | | | | | Tendances de l'utilisation d'énergie | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 à 85 | | | 89 à 93 | | | 97 à 01 | | | 81-85 à 89-93 | | | 89-93 à 97-01 | | | 81-85 à 97-01 | | |
| | Consommation (PJ) | Production (PJ) | Ratio Prod./cons. | Consommation (PJ) | Production (PJ) | Ratio Prod./cons. | Consommation (PJ) | Production (PJ) | Ratio Prod./cons. | Consommation % | Production % | Ratio % | Consommation % | Production % | Ratio % | Consommation % | Production % | Ratio % |
| C.-B. | 24 | 8 | 0,3 | 26 | 8 | 0,3 | 33 | 8 | 0,2 | 10 | 1 | -8 | 25 | 4 | -17 | 37 | 4 | -24 |
| Prairies | 192 | 513 | 2,7 | 203 | 589 | 2,9 | 231 | 567 | 2,5 | 6 | 15 | 8 | 13 | -4 | -15 | 20 | 11 | -9 |
| Alb. | 89 | 153 | 1,7 | 85 | 180 | 2,1 | 96 | 174 | 1,8 | -4 | 18 | 22 | 13 | -3 | -14 | 8 | 14 | 5 |
| Sask. | 70 | 268 | 3,9 | 78 | 307 | 3,9 | 91 | 289 | 3,2 | 12 | 14 | 1 | 16 | -6 | -19 | 30 | 8 | -19 |
| Man. | 34 | 92 | 2,7 | 40 | 102 | 2,5 | 44 | 104 | 2,4 | 18 | 11 | -6 | 10 | 2 | -7 | 29 | 13 | -12 |
| Ont. | 65 | 63 | 1,0 | 63 | 66 | 1,0 | 69 | 75 | 1,1 | -2 | 6 | 8 | 10 | 14 | 4 | 7 | 20 | 11 |
| Qc | 31 | 28 | 0,9 | 31 | 30 | 1,0 | 34 | 36 | 1,1 | 0 | 7 | 6 | 8 | 22 | 14 | 9 | 31 | 20 |
| Atlantique | 8,9 | 8,9 | 0,9 | 7,2 | 10,0 | 1,2 | 8,5 | 11,3 | 1,2 | -18 | 12 | 27 | 17 | 13 | -1 | -4 | 27 | 25 |
| N.-B. | 3,5 | 3,2 | 0,9 | 2,4 | 3,3 | 1,4 | 2,9 | 3,7 | 1,3 | -31 | 4 | 47 | 20 | 11 | -7 | -17 | 16 | 37 |
| N.-É. | 2,6 | 1,7 | 0,7 | 2,0 | 1,8 | 0,9 | 2,2 | 1,8 | 0,8 | -23 | 2 | 28 | 10 | 5 | -2 | -15 | 7 | 26 |
| Î.-P.-É. | 2,2 | 3,8 | 1,8 | 2,5 | 4,8 | 1,9 | 2,9 | 5,6 | 1,9 | 19 | 25 | 5 | 15 | 17 | 2 | 36 | 46 | 7 |
| T.-N. | 0,6 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,6 | -58 | -2 | 90 | 68 | 48 | 1 | -29 | 44 | 93 |
| **Canada** | **310** | **620** | **2,0** | **319** | **703** | **2,2** | **360** | **698** | **1,9** | **3** | **13** | **10** | **13** | **-1** | **-12** | **16** | **13** | **-3** |

***Tableau 10-3 : Distribution relative de la consommation et de la production d'énergie, 1997 à 2001***

| | Consommation d'énergie (en %) | | | | | | Production d'énergie (en %) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Province** | **Combustibles fossiles** | **Electricité** | **Machinerie** | **Édifice** | **Engrais** | **Pesticides** | **Blé** | **Canola** | **Soja** | **Pommes de terre** | **Autres cultures** | **Animal** |
| C.-B. | 29 | 4 | 56 | 7 | 3 | <1 | 11 | 13 | – | 4 | 16 | 56 |
| Alb. | 45 | 4 | 20 | 6 | 23 | 2 | 39 | 28 | – | 1 | 25 | 7 |
| Sask. | 42 | 3 | 21 | 3 | 28 | 3 | 33 | 23 | – | <1 | 41 | 2 |
| Man. | 34 | 8 | 18 | 3 | 34 | 3 | 36 | 32 | – | 2 | 21 | 9 |
| Ont. | 47 | 8 | 19 | 12 | 12 | 2 | 19 | 1 | 34 | 2 | 17 | 27 |
| Qc | 34 | 15 | 22 | 14 | 14 | 1 | 3 | 1 | 12 | 4 | 22 | 58 |
| N.-B. | 40 | 8 | 23 | 10 | 17 | 3 | 4 | – | – | 59 | 10 | 27 |
| N.-É. | 41 | 6 | 29 | 17 | 5 | 2 | 5 | – | – | 8 | 18 | 69 |
| Î.-P.-É. | 27 | 8 | 21 | 8 | 31 | 5 | 6 | – | 1 | 72 | 9 | 12 |
| T.-N. | 59 | 11 | 19 | 9 | 1 | 1 | – | – | – | 6 | 2 | 92 |
| **Canada** | **43** | **6** | **20** | **7** | **22** | **2** | **31** | **22** | **4** | **2** | **30** | **11** |

les périodes 1989-1993 et 1997-2001 n'a été que de 2 p. 100. L'augmentation de 64 p. 100 dans le cas des pesticides n'a représenté que 2 p. 100 de la consommation totale d'énergie. Du côté de la production, les valeurs ont augmenté dans le cas de 23 des 34 denrées entre les première et troisième périodes. Bien qu'un certain nombre de facteurs différents soit en jeu, un élément contributif clé a été l'augmentation dans le cas du canola (jusqu'à 169 p. 100 ou 96 PJ), qui s'est produite en grande partie au détriment du blé (en baisse de 31 p. 100, ce qui représente la plus grande variation en termes absolus, c'est-à-dire -98 PJ). Ces cultures ont un effet d'importance, car elles ont été les deux principaux éléments de la production d'énergie au cours de la période de 1997 à 2001 (blé, 31 p. 100, canola, 22 p. 100) à l'échelle nationale. En outre, le canola (un oléagineux) a une plus forte teneur énergétique que le blé. Parmi les autres changements notables, citons l'augmentation de la production d'énergie associée au pois de grande culture (30 PJ), qui a représenté 5 p. 100 de la production totale; de plus, une augmentation du nombre d'animaux produits (les poulets et les porcs principalement) a quelque peu atténué la hausse de la production énergétique végétale en raison d'une plus grande consommation d'aliments par le bétail.

**Colombie-Britannique :** La diminution du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie s'explique principalement par une hausse relativement forte de la consommation d'énergie, principalement attribuable au carburant diesel (73 p. 100) et aux machines (43 p. 100), associée à une augmentation plus modeste de la production énergétique. La hausse de la production découle largement des augmentations de la production animale et des produits animaux (poulet, 175 p. 100, lait, 24 p. 100 et bœuf, 15 p. 100), qui ont représenté 46 p.100 de la production totale d'énergie au cours de la période de 1997 à 2001. Le canola et l'avoine ont aussi contribué à cette progression de la production d'énergie (les deux comptent pour 18 p.100 de la production totale d'énergie). Ces augmentations ont été contrebalancées par des baisses appréciables dans le cas du blé (24 p. 100) et de l'orge (72 p. 100).

**Prairies :** La baisse du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie dans les provinces des Prairies a été attribuable à une augmentation de la consommation d'énergie associée à une hausse proportionnellement plus faible de la production énergétique, sauf en Alberta, où la production a augmenté davantage que la consommation. Dans les Prairies, la consommation et la production d'énergie représentaient 64 p. 100 et 81 p. 100 respectivement des valeurs totales correspondantes

pour le Canada entre 1997 et 2001. Les tendances se rapprochent donc assez de celles de l'ensemble du Canada, la hausse de la consommation d'énergie s'expliquant principalement par une plus grande utilisation du carburant diesel (77 p. 100) et d'intrants agricoles (engrais, 37 p. 100, et pesticides, 82 p. 100). La production totale d'énergie a augmenté sous l'effet de hausses dans le cas du durum, de l'avoine, du canola, des lentilles, des pois de grande culture et du porc. Cependant, ces augmentations ont été considérablement atténuées par une chute de 34 p. 100 de l'énergie provenant du blé.

**Ontario :** L'augmentation globale du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie s'explique par une hausse comparativement élevée de la production par rapport à la consommation entre les deux périodes de 1981 à 1985 et de 1997 à 2001. La consommation d'énergie provenant du carburant diesel a augmenté sensiblement (133 p. 100), mais a été atténuée par un recul de 40 p. 100 dans le cas des engrais. Les hausses supérieures de la production s'expliquent par des augmentations dans le cas de trois denrées : blé (55 p. 100), soya (127 p. 100) et porc (19 p. 100). À trois, elles représentent 63 p.100 de la production énergétique totale durant la période de 1997 à 2001.

**Québec :** Comme pour l'Ontario, l'augmentation du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie au Québec s'explique par une plus forte hausse de la production comparativement à la consommation. Cette hausse de la consommation d'énergie est principalement attribuable au carburant diesel (35 p. 100) et aux bâtiments (36 p. 100), et est compensée par le recul de 50 p. 100 dans le cas de l'essence. L'augmentation de la production énergétique était attribuable au porc (43 p. 100), au poulet (78 p. 100), à l'avoine (203 p.100), au maïs (18 p. 100) et au soya (441 p. 100 de 1989-93 à 1997-2001).

**Provinces de l'Atlantique :** Les fluctuations du Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie ont varié entre les quatre provinces de l'Atlantique, mais elles sont toujours restées positives (augmentation globale de 25 p. 100). Ce résultat s'explique par une diminution de la consommation d'énergie associée à une augmentation de la production énergétique, sauf à l'Île-du-Prince-Édouard, où les deux ont augmenté. La principale diminution dans le cas des intrants a été observée pour l'essence (66 p. 100), alors que les hausses de la production énergétique ont été principalement dues à une augmentation dans le cas de la pomme de terre

***Figure 10-1 : Consommation et production annuelle d'énergie au Canada***

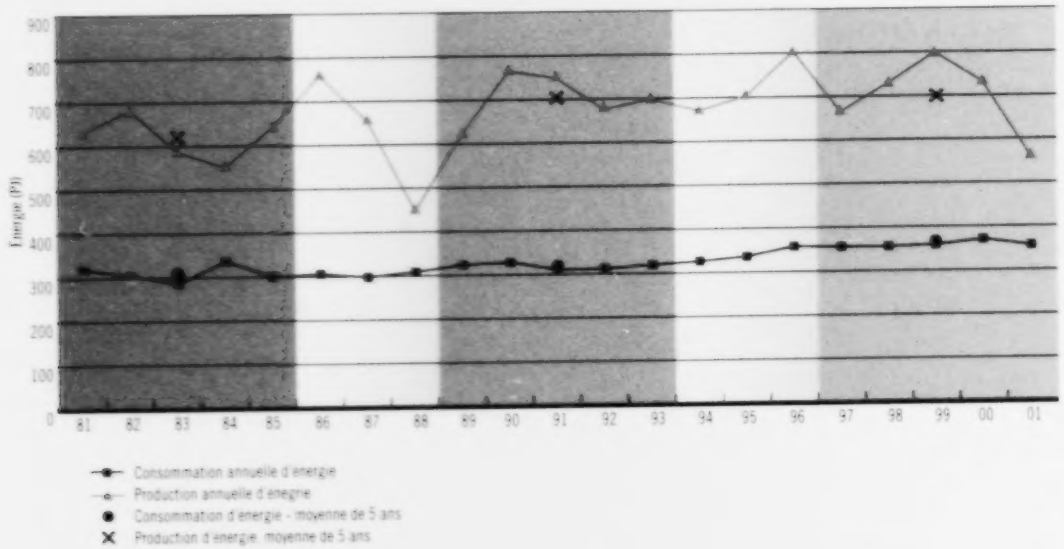
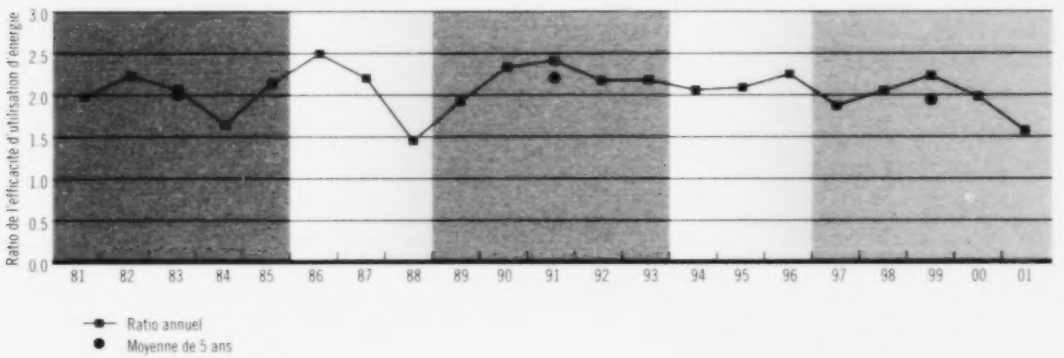


***Figure 10-2 : Ratio annuel de l'efficacité d'utilisation d'énergie au Canada***




(34 p. 100) qui représente 56 p. 100 de la production énergétique totale. Le blé, l'avoine et le poulet ont aussi contribué à l'augmentation de la production énergétique totale.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Plusieurs options s'offrent aux agriculteurs canadiens, qui pourraient influer sur le Ratio de l'efficacité d'utilisation d'énergie du secteur. Diverses pratiques de gestion bénéfiques (PGB) peuvent être adoptées pour tenter de réduire au minimum la consommation d'énergie sans sacrifier la productivité économique. L'agriculture de précision constitue l'un des meilleurs exemples de PGB naissantes, pratiques qui supposent l'application d'une quantité optimale d'intrants, comme les engrais et les pesticides, dans chacune des parties homogènes de plantation au lieu d'une application uniforme. Bien qu'elle soit encore à ses premiers stades d'adoption, car on aplanit encore des questions techniques et financières, cette technologie ouvre la perspective d'une utilisation plus efficace de l'énergie. Comme autres exemples de PGB, citons les pratiques de labour minimal et sans labour qui permettent de réduire la consommation de carburant et la conversion des terres marginales (piètre qualité), qui en général supposent le recours à de plus grandes quantités d'intrants, pour passer à un aménagement plus judicieux des terres. Grâce à la combinaison des progrès techniques, des incitations économiques et de la compétence et de la créativité des agriculteurs canadiens, de telles pratiques bénéfiques sont de plus en plus appliquées.

## ■ BIBLIOGRAPHIE

Banque de données des éléments nutritifs de l'USDA : www.nal.usda.gov/fnic

Coxworth, E., 1997. *Energy Use Trends in Canadian Agriculture: 1990 to 1996, A report to the Canadian Agricultural Energy End-Use Data and Analysis Centre (CAEEDAC)*. University of Saskatchewan, Department of Agricultural Economics, Saskatoon (Sask.).

Nagy, C. N., et coll. 2000. « Influence of Tillage Method on Nonrenewable Energy Use Efficiency in the Black and Grey Soil Zones » dans *Proceedings of the Climate Change Workshop: Saskatoon, Saskatchewan*. Saskatchewan Agriculture, Food and Rural Revitalization, Regina (Sask.).

Weseen, S., et R. Lindenbach, 1998. *Energy Use Efficiency Indicator for Agriculture*. University of Saskatchewan, Canadian Agricultural Energy End-Use Data and Analysis Centre (CAEEDAC), Saskatoon (Sask.).

# 11. Efficacité de l'utilisation de l'eau : irrigation

**AUTEURS :**
L. Tollefson et J. Harrington

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Le secteur agricole se heurte à une concurrence grandissante d'autres utilisateurs des ressources en eau. L'eau utilisée en agriculture sert principalement à l'irrigation. On prépare actuellement un indicateur pour évaluer quantitativement l'utilisation des ressources en eau douce pour l'irrigation et pour en évaluer l'efficacité. L'indicateur de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation comprend trois sous-indicateurs : l'intensité de l'utilisation de l'eau, l'efficacité technique de l'utilisation de l'eau et l'efficacité économique de l'utilisation de l'eau. Une méthode de calcul a été proposée pour ces indicateurs et repose sur une approche de région pilote comme point de départ.*

## ■ L'ENJEU

L'irrigation ou l'arrosage artificiel des terres peut avoir des effets tant bénéfiques que préjudiciables sur l'environnement. Les effets positifs sont, entre autres, l'alimentation des eaux souterraines, la régulation des eaux de ruissellement et le contrôle des inondations, la réutilisation de l'eau, la protection contre l'érosion du sol et la création d'habitats fauniques s'accompagnant d'une augmentation de la biodiversité. Les effets préjudiciables peuvent inclure la *salinisation* et l'*engorgement* du sol, l'endommagement des écosystèmes aquatiques attribuables à la réduction des débits, la baisse de la qualité de l'eau et la pollution attribuable à une plus grande utilisation de facteurs de production et au transport de contaminants (Redaud 1998).

L'irrigation est utilisée dans les régions semi-arides du Canada, comme les provinces des Prairies et, durant les années de sécheresse, dans les régions plus humides des provinces du centre et de l'Atlantique du Canada lorsque l'approvisionnement en eau ne suffit pas à répondre aux besoins des cultures. Le coût élevé de la recherche de nouvelles sources d'eau limite la création de nouveaux types d'approvisionnement en eau. Cette situation peut potentiellement conduire à des compromis et même à des conflits entre la production agricole et d'autres utilisations de l'eau. Lorsque ces contraintes persistent, le résultat peut être une diminution de la production agricole, la réduction des approvisionnements en eau destinés à tous les utilisateurs et une baisse de la qualité de l'eau (Wolff et Stein 1999).

*On met actuellement au point un indicateur de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation afin d'évaluer l'utilisation des ressources en eau douce pour l'irrigation…*

## ■ L'INDICATEUR

On met actuellement au point un indicateur de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation afin d'évaluer l'utilisation des ressources en eau douce pour l'irrigation et la production massive et la productivité économique de l'eau employée à cette fin. Cet indicateur comprend trois sous-indicateurs :

- Intensité de l'utilisation de l'eau (IUE) : mesure le taux de captage annuel (irrigation par rapport aux ressources renouvelables en eau douce) et établit le contexte des deux autres sous-indicateurs;
- Efficacité technique de l'utilisation de l'eau (ETUE) : évalue l'efficacité productive de l'eau d'irrigation utilisée directement pour la production végétale;
- Efficacité économique de l'utilisation de l'eau (EEUE) : mesure la valeur de la production agricole par unité de volume d'eau d'irrigation utilisée directement pour les cultures.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Durant la phase d'essai initiale de la mise au point de l'indicateur, l'indicateur de l'intensité de l'utilisation de l'eau (IUE) sera calculé à l'aide d'estimations nationales de la consommation d'eau d'irrigation et des ressources en eau douce, recueillies par Statistique Canada. La méthode appliquée pour évaluer la consommation d'eau d'irrigation et l'*écoulement restitué* sera raffinée pour obtenir des valeurs précises de l'indicateur, valides pour l'ensemble du pays.

Le sous-indicateur de l'efficacité technique de l'utilisation de l'eau (ETUE) sera donné par la masse de certaines cultures produites par unité de volume d'eau capté ou dérivé pour l'irrigation, diminuée des écoulements restitués. Trois cultures de substitution serviront à l'évaluation de l'ETUE (pomme de terre, blé vitreux roux de printemps et luzerne). Elles seront à la base d'une comparaison nationale et d'une comparaison avec les cultures pluviales, au besoin.

Le sous-indicateur de l'efficacité économique de l'utilisation de l'eau (EEUE) sera constitué par la valeur de la production végétale (toutes cultures confondues) par volume unitaire d'eau d'irrigation utilisée.

Les sous-indicateurs seront calculés à l'échelle des bassins versants, des régions, des provinces ou du pays.

## ■ LIMITES

La collecte à grande échelle de données fiables sur l'eau est l'élément central de la mise au point des indicateurs sur l'utilisation de l'eau. Les données existantes au Canada sont souvent de piètre qualité et doivent être tirées de diverses sources. Certaines proviennent d'estimations primaires (mesures par l'investigateur), alors que d'autres découlent de sources secondaires (modélisation, estimations indirectes, etc.). Au départ, les lacunes des données seront atténuées en procédant à des hypothèses raisonnées. À mesure que la mise au point des indicateurs progressera, on trouvera d'autres moyens d'acquérir des données par des mesures de terrain, des modèles climatiques ou la télédétection. Les autres difficultés de la mise au point de l'indicateur résident dans l'extrapolation de l'information aux échelons provincial et national, les incertitudes dans les estimations régionales de l'eau et des cultures et la variabilité des données sur les prix.

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, des résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

À long terme, ces sous-indicateurs réagiront aux changements dans les pratiques de gestion à la ferme, comme les progrès agronomiques (meilleures variétés, utilisation efficace des facteurs de production), à une meilleure gestion de l'irrigation (calendrier d'irrigation, type de système), au mode d'aménagement de l'eau à la ferme (paillis, le fait d'éviter les périodes de forte évapo-transpiration) et à l'adoption de nouvelles technologies (nivellement au laser, systèmes d'économie d'eau). Ces indicateurs réagiront également aux changements régionaux (p. ex., les districts d'irrigation) dans le mode d'aménagement de l'eau, comme l'existence d'une meilleure infrastructure d'exploitation et d'entretien, la réallocation de l'eau aux cultures ou aux usages de plus grande valeur, l'établissement des prix de l'eau, le perfectionnement des connaissances en gestion découlant de la formation des agriculteurs et les progrès des méthodes de prévision des besoins en eau des cultures ainsi que des méthodes de conservation de l'eau.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Burt, C. M., A.J. Clemmens et K.H. Solomon, 1995. « *Identification and Quantification of Efficiency and Uniformity Components* ». Pages 1526-1530 dans *Proceedings of the ASCE Water Conference in San Antonio, Texas (Water Resources Engineering), ITRC Paper No. 95-005*.

Redaud, J.-L., 1998. « Indicators to Measure the Impact of Agriculture on Water Use: Pricing and Cost of Water Services », dans *Proceedings of: The Sustainable Management of Water in Agriculture: Issues and Policies – The Athens Workshop*. OCDE, Paris (France).

Wells, C. et A. Barber, 1998. *Field Testing Indicators of Sustainable Irrigated Agriculture Study*. Policy Technical Paper 00/04, New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington (N-Z).

# 12. Lutte intégrée

AUTEURS :
G. Boivin,
J. Grimard
et C. Olivier

NOM DE L'INDICATEUR:
Indice d'adoption de la lutte intégrée

SITUATION :
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Les producteurs recourent de plus en plus aux méthodes de* lutte intégrée *pour réduire le taux d'utilisation des pesticides chimiques en agriculture tout en préservant leur productivité. Un indicateur — l'indice d'adoption de la lutte intégrée — est actuellement en préparation; son but est d'évaluer la mesure dans laquelle les principales méthodes de la lutte intégrée sont adoptées. C'est l'approche des enquêtes qui sera employée pour dresser un profil des méthodes de lutte antiparasitaire en production végétale au Canada et pour déterminer quantitativement le taux d'adoption des solutions de remplacement des pesticides chimiques dans les principales cultures du Canada. L'enquête doit être reprise tous les cinq ans.*

## ■ L'ENJEU

Actuellement, la lutte contre la plupart des ravageurs des végétaux se fait par l'application de pesticides chimiques. Le recours aux pesticides pour la protection des végétaux a été lié à divers problèmes comme la pollution de l'environnement (air, sol, eau), les dangers pour ceux qui les manipulent et l'accumulation périodique d'une résistance des ravageurs. Dans leurs efforts pour rendre l'agriculture plus écologiquement durable au Canada, les producteurs adoptent de plus en plus d'autres méthodes de lutte antiparasitaire. L'une d'elles, appelée lutte intégrée (LI), vise à réduire le taux d'application des pesticides chimiques en agriculture tout en préservant la productivité. La LI est un processus décisionnel qui recourt à toutes les techniques nécessaires pour combattre efficacement les ravageurs, d'une façon économique et respectueuse de l'environnement (CELI 2003).

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur proposé — l'indice d'adoption de la lutte intégrée — est fondé sur une échelle allant de 1 à 5 (tableau 12-1). Le producteur qui ne recourt qu'aux interventions chimiques, selon un calendrier fixe ou selon le stade de développement de la culture, appartient à l'échelon 0 de cette échelle. À mesure que le producteur adhère aux pratiques culturales comme le dépistage de ravageurs, les seuils économiques (s'il retarde les interventions jusqu'à ce que le degré d'infestation atteigne le seuil des dommages économiques) et le recours à des pesticides moins préjudiciables aux prédateurs naturels des ravageurs, il passe alors à l'échelon 1. Les producteurs qui appliquent des méthodes de remplacement comme la lutte biologique ou physique (p. ex., la destruction mécanique des ravageurs), les méthodes culturales (p. ex., *rotation des cultures*, emploi de cultivars résistants), les biopesticides et les modèles de prédiction sont à

***Tableau 12-1 : Échelle de l'indice d'adoption de la lutte intégrée***

| Échelon | Description |
|---|---|
| 0 | Les traitements chimiques sont appliqués régulièrement ou selon le stade de développement de la culture. Utilisation de pesticides à large spectre. |
| 1 | Traitements par des pesticides chimiques. Utilisation du dépistage de ravageurs et de seuils économiques. Des pesticides sélectifs sont utilisés. |
| 2 | La lutte antiparasitaire consiste principalement en des traitements par des pesticides chimiques. Dépistage des ravageurs et de leurs prédateurs naturels. Utilisation de seuils d'intervention et de non intervention. Rotation des cultures. Utilisation de pesticides sélectifs. Application de pratiques culturales qui réduisent les populations de ravageurs. |
| 3 | La lutte antiparasitaire consiste principalement en l'application de méthodes de remplacement. Utilisation de modèles (selon le nombre de *degré-jours* accumulés) pour prédire les infestations des ravageurs et de leurs prédateurs naturels. Utilisation de prédateurs naturels (lutte biologique). Utilisation de cultivars résistants. Application de *biopesticides* (bioinsecticides, hormones, écomones). Lorsque les pesticides chimiques sont utilisés, le producteur emploie plutôt des pesticides sélectifs qui n'entravent pas les méthodes de remplacement. |
| 4 | Échelon 3 associé à la prise en compte des interactions entre les espèces de ravageurs. Gestion de l'habitat. Recours à des systèmes experts. Modèles dynamiques ravageur/culture. |
| 5 | Échelon 4 plus analyse des interactions entre les cultures. Gestion régionale. |

***Tableau 12-2 : Liste des cultures pour lesquelles un indice d'adoption de la lutte intégrée peut être préparé.***

| | | | |
|---|---|---|---|
| Abricot | Champignon | Luzerne | Pomme |
| Asperge | Concombre de plein champ | Maïs | Pomme de terre |
| Avoine | Concombre de serre | Melon | Prune |
| Betterave | Épinard | Moutarde | Radis |
| Blé | Fraise | Oignon | Sarrasin |
| Bleuet | Framboise | Pêche | Seigle |
| Canneberge | Ginseng | Poire | Soya |
| Canola | Haricot | Poireau | Tomate de plein champ |
| Carotte | Haricot sec | Pois chiche | Tomate de serre |
| Céleri | Houblon | Pois vert | Tournesol |
| Cerise | Lentille | Poivron | Vigne |

l'échelon 2 ou 3. À partir de l'échelon 2, on considère que les producteurs appliquent un programme de lutte intégrée. Les producteurs de l'échelon 4 pensent aux effets de leurs méthodes de lutte antiparasitaire en production végétale sur d'autres ravageurs des végétaux à l'échelle du champ. Pour finir, les producteurs de l'échelon 5 gèrent les ravageurs non seulement dans une culture unique, mais à l'échelon de la ferme ou de la région, et ils fondent leurs décisions en matière de rotation des cultures et d'implantation de cultures de soutien sur les effets connexes sur les ravageurs, ce pour toutes les cultures de leurs exploitations.

*La lutte intégrée est un processus décisionnel qui recourt à toutes les techniques nécessaires pour combattre efficacement les ravageurs, d'une façon économique et respectueuse de l'environnement (CELI 2003).*

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Sous la forme actuelle proposée, l'indice d'adoption de la lutte intégrée sera calculé à partir des réponses à des questionnaires sur des cultures particulières pour sonder un échantillon représentatif de producteurs. Les enquêtes seront conduites à intervalles réguliers (p. ex., tous les cinq ans), afin de couvrir ultérieurement les 48 principales cultures de céréales, de légumes et de fruits du Canada (selon la superficie couverte et la valeur) (tableau 12-2). Les questionnaires de l'enquête comprendront toutes les techniques de LI qui s'offrent aux producteurs, pour chacune des cultures particulières. Des points seront accordés pour chacune des méthodes de lutte intégrée qu'utilise le producteur (les éléments du système de notation sont actuellement en préparation). Les points accumulés par le producteur donneront un total qui sera converti en un indice à l'aide d'une échelle d'adoption de la lutte intégrée (tableau 12-1) semblable à celle qu'utilisent d'autres pays (Benbrook et coll. 1996, Frantz et Mellinger 1998, Kogan 1998). La valeur obtenue sera corrigée selon les caractéristiques particulières de la culture. Ces calculs donneront des taux d'adoption moyens des pratiques de lutte intégrée, par culture et par province.

## ■ LIMITES

Divers facteurs peuvent influer sur la précision des résultats obtenus pour l'indice d'adoption de la lutte intégrée, comme des erreurs d'identification des pratiques de lutte intégrée disponibles pour chaque culture, la précision et la qualité des

réponses aux questionnaires et la distribution et le nombre de répondants touchés au Canada. Pour garantir que les échantillons d'enquête sont représentatifs, que les analyses statistiques sont justes et que la confidentialité est préservée, l'enquête sera préparée avec la collaboration de Statistique Canada.

## ■ RÉSULTATS

L'indicateur étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Lorsque sa conception sera terminée, cet indicateur évaluera les changements du taux d'adoption des méthodes de LI par les producteurs. Une augmentation de ce taux avec les années indiquera que les producteurs recourent avec succès à des moyens de remplacement des pesticides chimiques. Si le taux d'adoption est jugé insatisfaisant, l'information sous-jacente aidera à déterminer si le faible taux d'adoption est lié à un manque de méthodes de remplacement viables (nécessité d'efforts de recherche), à une disponibilité limitée (nécessité de la commercialisation) ou à un manque d'information aux producteurs (nécessité de la vulgarisation). L'approche de l'enquête peut sensibiliser les producteurs à d'autres méthodes de lutte antiparasitaire disponibles pour leurs cultures et peut les encourager à les adopter.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Benbrook, C.M., E. Groth III, J.M. Halloren, M.K. Hansen, et S. Marquardt, 1966. *Pest Management at the Crossroads*. Consumers Union, Yonkers (N.Y.).

CELI (Comité d'experts en lutte intégrée), 2003. *Ressources en lutte intégrée* (site Internet). www.carc-crac.ca/french/ECIPM/ecipmf.htm

Frantz, G. et H.C. Mellinger, 1998. « Measuring Integrated Pest Management Adoption in South Florida Vegetable Crops ». Paper No. 132, *Proceedings of the Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society*, Vol. 111, pages 1-15.

# Qualité du sol

C

# 13. Érosion du sol

## ■ SOMMAIRE

*L'érosion du sol, soit le mouvement du sol d'un lieu vers un autre, survient sous l'effet de trois principaux phénomènes. Elle se produit naturellement sur les terres agricoles par l'action du vent et de l'eau, et peut être accélérée par certaines activités agricoles (p. ex., les jachères, les cultures en rang). Elle est aussi provoquée directement par la méthode de travail du sol, qui entraîne un mouvement progressif du sol vers le bas des pentes, donnant ainsi lieu à une perte de sol au sommet et à une accumulation à la base des pentes. L'érosion du sol constitue une menace importante pour la pérennité de l'agriculture au Canada. Elle entraîne le sol de surface, réduit la matière organique du sol et contribue au bris de la structure du sol. Ces effets peuvent à leur tour influer négativement sur la fertilité du sol, sur le mouvement de l'eau vers l'intérieur et l'extérieur de la surface du sol et enfin, sur les rendements et la rentabilité des cultures. Les rendements des cultures sur des sols fortement érodés peuvent être de beaucoup inférieurs à ceux des cultures sur des sols stables dans un même champ. L'érosion peut aussi avoir d'importants effets négatifs sur l'environnement « hors site » à cause du transport physique et du dépôt de particules de sol et d'éléments nutritifs, de pesticides, d'agents pathogènes et de toxines détachés par des mécanismes érosifs ou transportés par des sédiments érodés. Le présent chapitre traite de trois indicateurs distincts utilisés pour évaluer le risque d'érosion du sol sous l'effet de l'eau, du vent et des méthodes de travail.*

# A) Érosion hydrique

**AUTEURS :**
L.J.P van Vliet, G.A. Padbury, H.W. Rees et M.A. Matin

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur du risque d'érosion hydrique

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*L'érosion du sol par l'eau est, de longue date, reconnue comme une sérieuse menace à la pérennité de l'agriculture au Canada, bien que dans une moins grande mesure dans les Prairies. Les résultats obtenus pour l'indicateur du risque d'érosion hydrique montrent une diminution globale de ce type de risque dans la plupart des provinces du Canada, entre 1981 et 2001, amenant ainsi une baisse de 8 p. 100 à l'échelon national. Cette tendance positive est principalement le fruit de changements apportés aux mesures culturales et d'un plus grand recours au travail de conservation et aux cultures sans travail du sol. En 2001, 86 p. 100 des terres agricoles du Canada montraient des degrés d'érosion n'affectant pas la pérennité de l'agriculture (catégorie de très faible risque). Le reste de 14 p. 100 des terres agricoles canadiennes qui subissent encore une érosion hydrique affectant la pérennité de l'agriculture, est constitué en général de terres en jachère et de cultures en rang sur des pentes.*

## ■ L'ENJEU

Les pluies et le ruissellement superficiel sont les forces motrices de l'érosion du sol par l'eau. Bien que la fonte des neiges au printemps et les tempêtes violentes de l'été présentent le plus grand risque d'érosion hydrique, ce type d'érosion peut se produire à n'importe quel moment, et donner lieu avec le temps à d'importantes pertes de sol des champs et à une dégradation du sol. Le sol érodé est entraîné avec les eaux de ruissellement vers les drains agricoles, les fossés et d'autres voies d'eau dont il peut altérer la qualité, puisque les particules de sol en suspension augmentent la turbidité (opacité) de l'eau et ajoutent à l'accumulation de sédiments. Cette sédimentation peut rendre l'eau moins propice à la formation d'habitats du poisson et d'autres organismes aquatiques, peut ralentir l'écoulement de l'eau et, ultérieurement, embourber les canaux rendant un nettoyage nécessaire. De plus, des éléments nutritifs des cultures, des pesticides et des bactéries sont souvent attachés aux particules de sol érodé et sont également charriés

vers les points d'eau contribuant à la dégradation de sa qualité. En freinant l'érosion hydrique, il est possible de contribuer à la protection de la qualité tant du sol que de l'eau.

*En 2001, 86 p. 100 des terres agricoles canadiennes appartenaient à la catégorie de très faible risque (tolérable) d'érosion hydrique.*

## ■ L'INDICATEUR

L'Indicateur du risque d'érosion hydrique est employé pour identifier les régions qui sont susceptibles d'être exposées à une forte érosion hydrique et pour évaluer l'évolution de ce risque dans le temps, sous l'effet des pratiques de gestion prévalantes. Ce risque est exprimé par cinq catégories : très faible (moins de 6 tonnes par hectare par année), faible (de 6 à 11 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$), moyen (de 11 à 22 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$), élevé (de 22 à 33 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$) et très élevé (supérieur à 33 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$). Les régions de la catégorie où le risque est très faible sont jugées, dans les conditions actuelles, aptes à soutenir une production agricole à long terme et à maintenir la santé agroenvironnementale. Les quatre autres catégories correspondent à un risque vis-à-vis de la pérennité de l'agriculture, qui donc bénéficierait de méthodes de conservation des sols afin d'assurer une production à long terme ainsi que pour réduire les effets sur la qualité de l'eau. L'objectif de rendement visé pour cet indicateur est d'accroître la proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Le taux d'érosion hydrique a été estimé à l'aide de l'Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada (Wall et coll. 2002). Les cartes (version 3.0) des pédo-paysages du Canada et leurs fichiers d'attributs fournissent des renseignements sur l'emplacement des sols dans le paysage, sur le gradient (inclinaison) et la longueur des pentes ainsi que sur les propriétés des sols dans chaque région cartographique. Des données sur les propriétés des sols, tirées des fichiers de couches de sol des PPC, ont été employées pour calculer l'*érodabilité* inhérente de chaque sol (facteur K). Des tableaux des facteurs de pluviosité et de ruissellement (R) ont été dressés à partir des sources de données existantes pour chaque région cartographique des PPC.

Les variations du taux d'érosion hydrique avec le temps ont été calculées en tenant compte des effets des modifications dans le mode d'aménagement des terres et dans les méthodes de travail du sol au Canada, comme les fluctuations dans les superficies cultivées, les changements dans les types de cultures et le recours au travail de conservation et à la culture sans travail du sol. Cette information a été extraite des recensements de l'agriculture de 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001 et a été aussi liée à chaque unité cartographique des PPC. La proportion de terres agricoles appartenant à chacune des catégories de risque décrites antérieurement a été calculée pour le Canada et pour chaque province. Les variations avec le temps du pourcentage appartenant à chaque catégorie dans chaque région indiquent si le risque global d'érosion augmente ou diminue.

## ■ LIMITES

L'indicateur est limité par ce qui suit :

- les calculs n'ont pas tenu compte de certaines méthodes de contrôle de l'érosion comme l'aménagement de voies d'eau gazonnées, les cultures en bandes alternantes, l'*aménagement de terrasses*, la *culture en courbes de niveau* et l'implantation de couvre-sol d'hiver;
- on a supposé que les données de recensement liées aux unités cartographiques étaient également distribuées dans l'ensemble de l'unité, car les types de cultures et les méthodes de travail ne pouvaient être directement associés à des types de sol ou des caractéristiques du paysage particuliers dans chaque unité cartographique des PPC;
- les données du recensement ne sont pas suffisamment détaillées pour indiquer la distribution géographique des méthodes d'aménagement à l'intérieur des paysages lorsque la terre agricole est fragmentée;
- les longueurs de pente ont été déterminées pour chaque relief et on n'a pas tenu compte de l'interception des eaux de ruissellement par les routes, les limites des champs, les fossés, les étangs et les voies de drainage;

***Tableau 13-1 : Proportion des terres cultivées dans diverses catégories de risque d'érosion hydrique, 1981 à 2001***

**Proportion des terres cultivées dans diverses catégories de risque d'érosion hydrique (en %)**

| Province | Très faible | | | | | Faible | | | | | Moyen | | | | | Élevé | | | | | Très élevé | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 63 | 65 | 71 | 72 | 75 | 19 | 17 | 17 | 15 | 15 | 11 | 10 | 6 | 6 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 6 | 7 | 5 | 1 | <1 |
| Alb. | 80 | 81 | 83 | 87 | 90 | 11 | 11 | 9 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Sask. | 85 | 88 | 89 | 90 | 92 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Man. | 83 | 86 | 87 | 91 | 95 | 13 | 10 | 10 | 7 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ont. | 44 | 45 | 45 | 56 | 56 | 22 | 23 | 23 | 15 | 15 | 15 | 16 | 14 | 16 | 16 | 11 | 9 | 10 | 6 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| Qc | 70 | 73 | 73 | 72 | 71 | 14 | 12 | 12 | 13 | 15 | 7 | 6 | 6 | 7 | 6 | 4 | 6 | 6 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| N.-B. | 54 | 54 | 55 | 54 | 55 | 18 | 20 | 19 | 20 | 21 | 24 | 23 | 24 | 23 | 21 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| N.-É. | 61 | 64 | 65 | 64 | 65 | 21 | 22 | 24 | 23 | 23 | 13 | 10 | 8 | 9 | 10 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Î.-P.-É. | 52 | 51 | 52 | 50 | 51 | 38 | 38 | 37 | 39 | 39 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| **Canada** | **78** | **80** | **82** | **84** | **86** | **11** | **9** | **9** | **7** | **6** | **5** | **5** | **4** | **4** | **4** | **3** | **3** | **3** | **3** | **2** | **3** | **3** | **2** | **2** | **2** |

* Pour Terre-Neuve-et-Labrador, la proportion de polygones agricoles n'était pas suffisante pour générer des résultats fiables. Les résultats pour cette province ne sont donc pas inclus.

- l'indicateur est fondé sur la moyenne annuelle à long terme des données annuelles sur la pluviosité, qui peuvent ne pas inclure certaines pluies très intenses provoquant une érosion importante du sol.

## ■ RÉSULTATS

Le tableau 13-1 indique le risque d'érosion hydrique au Canada et dans chaque province pour les années 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001. La figure 13-1 illustre la distribution des diverses catégories de risque dans l'Ouest et l'Est du Canada en 2001.

**Canada :** En 2001, 86 p. 100 des terres agricoles canadiennes appartenaient à la catégorie de très faible risque (tolérable) d'érosion hydrique, en hausse de 8 p. 100 par rapport à 1981. Le risque d'érosion hydrique au Canada a donc diminué globalement de 8 p. 100 au cours des 20 années couvertes par l'étude, sous l'effet d'une diminution de 1 p. 100 des terres appartenant aux catégories de risque moyen, élevé et très élevé et d'une baisse de 5 p. 100 des superficies cultivées appartenant à la catégorie de risque faible.

**Colombie-Britannique :** Cette province (comme l'Alberta, le Manitoba et l'Ontario) a connu la plus forte baisse du risque d'érosion hydrique, avec une augmentation de 12 p. 100 des terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible, pour atteindre 75 p. 100 des terres en 2001. Ce changement s'est produit principalement grâce à des réductions dans les catégories de risque faible, moyen et très élevé.

**Prairies :** Le risque d'érosion hydrique au Manitoba, en Alberta et en Saskatchewan a diminué de 1 p. 100 à 4 p. 100 entre chaque année de recensement. Ce fait s'est traduit par une augmentation globale de 12 p. 100 (Manitoba), 10 p. 100 (Alberta) et 7 p. 100 (Saskatchewan) des terres appartenant à la catégorie de risque très faible dans chaque province, entre 1981 et 2001. En 2001, les trois provinces des Prairies comptaient au moins 90 p. 100 de leurs terres agricoles dans la catégorie de risque très faible (Alberta : 90 p. 100; Saskatchewan : 92 p. 100 et Manitoba : 95 p. 100).

**Ontario :** Le risque d'érosion hydrique a diminué globalement de 12 p. 100 entre 1981 et 2001, la majeure partie de cette amélioration (11 p. 100) survenant entre 1991 et 1996 sous l'effet du passage de 7 p. 100 des terres agricoles de la catégorie de risque faible et de 4 p. 100 des terres agricoles de la catégorie de risque élevé à la catégorie de risque très faible. Cependant, malgré cette amélioration, l'Ontario comptait les plus faibles proportions (56 p. 100) de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible et la plus forte proportion (6 p. 100 à 8 p. 100) de terres agricoles dans la catégorie de risque très élevé au cours de la période de 20 ans.

***Figure 13-1 : Risque d'érosion hydrique des terres cultivées du Canada, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***

**Québec :** Seules de légères fluctuations ont été observées dans les diverses catégories de risque au cours de la période de 20 ans. La proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible a légèrement augmenté entre 1981 et 2001, passant de 70 p. 100 à 71 p. 100. Entre 3 p. 100 et 5 p. 100 des terres agricoles appartenaient à la catégorie de risque très élevé au cours de chacune des cinq années de recensement.

**Nouveau-Brunswick :** Le risque d'érosion hydrique a diminué de 1 p. 100 entre 1981 et 2001, les fluctuations entre les années de recensement n'étant que légères. Trois pour cent des superficies cultivées sont passées de la catégorie de risque moyen à la catégorie de risque faible.

**Nouvelle-Écosse :** La proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible a fluctué entre 1981 et 2001, affichant une augmentation globale de 4 p. 100 (à 65 p. 100). Il y a eu une baisse de 3 p. 100 des superficies cultivées appartenant aux catégories de risque moyen et élevé.

**Île-du-Prince-Édouard :** Cette province a eu la plus faible proportion (51 p. 100) de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible en 2001, affichant une hausse de 1 p. 100 du risque d'érosion hydrique entre 1981 et 2001. Cependant, ce risque a diminué de 1 p. 100 entre 1996 et 2001. L'Île-du-Prince-Édouard compte la plus forte proportion de terres agricoles (un tiers) dans la catégorie de risque faible.

**Terre-Neuve-et-Labrador :** Seules quelques régions cartographiques agricoles ont été incluses dans l'analyse sur Terre-Neuve-et-Labrador. Un changement de catégorie dans une ou deux unités cartographiques provoque une modification radicale de la part des terres agricoles appartenant aux diverses catégories de risque. En conséquence, les résultats n'étaient pas fiables et ne pouvaient être utilisés comme pour d'autres provinces, qui comptaient chacune plusieurs centaines d'unités cartographiques. En conséquence, les résultats sur Terre-Neuve-et-Labrador ne sont pas rapportés.

## ■ INTERPRÉTATION

Dans les descriptions suivantes sur le pays et les provinces, les changements du risque d'érosion touchent la période de 1981 à 2001.

**Canada :** La tendance générale à la baisse du risque d'érosion hydrique constatée entre 1981 et 2001 au Canada traduit le degré des changements apportés aux systèmes culturaux et aux méthodes de travail du sol. Malgré une nette augmentation de près de 0,4 million d'hectares des superficies cultivées, le recours aux méthodes de travail réduit du sol, la production végétale moins intensive, la diminution des jachères et le retrait des terres marginales de la production ont tous contribué à abaisser les taux d'érosion. Des progrès appréciables ont été réalisés dans l'adoption des méthodes sans travail du sol et des méthodes de conservation depuis 1981, au point qu'en 2001, 58 p. 100 des terres agricoles canadiennes étaient soumises aux méthodes classiques comparativement à près de 100 p. 100 en 1981. Les superficies en jachères ont également diminué considérablement d'un peu plus de la moitié.

*Le recours aux méthodes de travail réduit du sol, la production végétale moins intensive, la diminution des jachères et le retrait des terres marginales de la production ont tous contribué à abaisser les taux d'érosion.*

**Colombie-Britannique :** Le travail réduit du sol, la production végétale moins intensive et la réduction des jachères ont tous contribué à la baisse du risque d'érosion hydrique. La forte augmentation des superficies cultivées en luzerne et la baisse appréciable des jachères, principalement dans les régions centrales intérieures et celles de rivière de la Paix ont plus que compensé le risque d'érosion plus élevé accompagnant l'intensification de l'agriculture dans la région côtière méridionale. Les méthodes de travail de conservation du sol et de *culture sans travail du sol* ont été pratiquées sur environ 35 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique en 2001.

**Prairies :** Dans les Prairies, qui comptent 85 p. 100 des terres agricoles du Canada, le risque d'érosion hydrique, déjà relativement faible, a chuté de 7 à 12 p. 100 sous l'effet d'un usage grandissant des méthodes de conservation et des cultures sans labours, d'une diminution des superficies en jachères et d'un changement dans le type de cultures, alors que la superficie cultivée totale

demeurait relativement constante. Le recul du risque d'érosion a été particulièrement marqué dans les régions pratiquant une agriculture moins intensive, comme à l'Est des chaînons continentaux (région des contreforts) et dans les hautes terres de l'Ouest de l'Alberta (zone de sols gris forestiers). À l'échelle nationale, ce sont les provinces des Prairies qui ont affiché les plus fortes augmentations du recours aux méthodes de travail réduit du sol. Les superficies demeurant dans les catégories de risque élevé et très élevé sont en général caractérisées par des sols vulnérables à l'érosion et des reliefs plus escarpés; elles profiteraient d'une augmentation des taux d'adoption des méthodes de conservation des sols. Au Manitoba, la baisse du risque d'érosion est attribuée à une diminution de 50 p. 100 des jachères et à l'expansion connexe des cultures continues, ainsi qu'à la récente tendance à une plus grande diversification des cultures. Sous l'effet de cette tendance, plus de terres sont utilisées pour produire des cultures annuelles et les rotations sont aussi plus longues sous l'effet de l'inclusion de nouvelles cultures.

**Ontario :** Cette province comptait l'une des plus faibles proportions de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique et 6 p. 100 des terres agricoles tombant dans la catégorie de risque très élevé en 2001. Bien que le risque global d'érosion ait chuté considérablement (12 p. 100), juste un peu moins de la moitié des terres agricoles demeurait dans les catégories de risque intolérable (faible risque et risque plus élevé) en 2001, principalement en raison de l'existence de grandes superficies sous cultures en rang. De toutes les provinces du Canada, l'Ontario compte la plus forte proportion (plus de la moitié) de ses terres agricoles consacrées aux cultures en rang comme le maïs, le soja et les légumes. De toutes les cultures, les cultures en rang ont la plus forte proportion de sol dénudé et le couvert végétal le moins imposant, ce qui se traduit par une faible protection du sol contre l'effet des pluies et de l'érosion par ruissellement. La diminution du risque d'érosion hydrique en Ontario est principalement attribuable au taux d'adoption élevé des méthodes de travail réduit, qui a eu un effet positif sur les vastes superficies sous maïs et soya en raison des résidus restants au sol.

**Québec :** Les types de cultures ont changé considérablement, passant de la luzerne, du foin cultivé et des cultures fourragères aux cultures en rang comme le maïs grain, le soya, les légumes et les petits fruits, ce qui assure une moins bonne protection contre l'érosion. Cependant, le taux d'adoption de 20 p. 100 des méthodes de travail réduit a, en général, neutralisé l'effet du passage à la production intensifiée de cultures en rang. Bien que les superficies cultivées aient été variables au cours des cinq années de recensement et que d'autres cultures aient été adoptées, seules de légères baisses ont été constatées dans le risque d'érosion hydrique. Ceci dit, le Québec a un faible risque global comparativement aux autres provinces de l'Est, principalement en raison de son paysage agricole faiblement vallonné et de ses sols moins érosifs.

**Provinces de l'Atlantique :** De toutes les provinces, l'Île-du-Prince-Édouard et le Nouveau-Brunswick comptaient la plus faible proportion de terres agricoles dans la catégorie à très faible risque d'érosion hydrique en 2001. Les deux provinces ont une proportion appréciable de terres agricoles sous cultures en rang, principalement la pomme de terre (65 000 ha au total). Les terres plantées en pommes de terre sont très vulnérables à l'érosion en raison du sol exposé et du couvert limité assurant peu de protection contre l'érosion hydrique. De plus, des décennies de production continue de la pomme de terre ont réduit de moitié la teneur en matière organique du sol superficiel, rendant les sols plus vulnérables à l'érosion. L'érodabilité des sols associés aux céréales de printemps plantées après les pommes de terre est plus élevée que dans le cas des céréales de printemps plantées après une culture fourragère.

Au **Nouveau-Brunswick**, les pentes abruptes, modérément longues, et l'agriculture intensive rendent les terres vulnérables à l'érosion hydrique. Les terres à risque élevé sont constituées principalement des terres servant à la production de pommes de terre dans le Nord-Ouest de la province. La proportion des terres agricoles du Nouveau-Brunswick qui appartiennent à la catégorie de risque très faible est relativement faible, mais moins de 1 p. 100 des terres agricoles appartient à la catégorie de risque très élevé.

La baisse du risque d'érosion en Nouvelle-Écosse entre 1981 et 2001 témoigne de l'adoption avec succès des méthodes de travail de conservation et, dans une moindre mesure, de la production de cultures, comme le foin et les céréales, qui facilitent moins l'érosion que les cultures en rang. En général, la Nouvelle-Écosse reçoit plus de précipitations que les autres provinces de l'Atlantique et un plus fort potentiel d'érosion par les pluies, la fonte des neiges et le ruissellement d'hiver. Ses superficies plantées en pommes de terre sont plus faibles qu'au

Nouveau-Brunswick ou à l'Île-du-Prince-Édouard, mais elle compte de plus vastes surfaces sous légumes et petits fruits. Les effets érosifs de l'élargissement des surfaces sous petits fruits, maïs grain et légumes en 2001 ont été neutralisés par des hausses des superficies de foin cultivé et par une plus grande utilisation du travail de conservation, ce qui s'est traduit par une légère baisse du risque d'érosion.

À **l'Île-du-Prince-Édouard**, la seule province où le risque d'érosion a augmenté (1 p. 100), moins de la moitié des terres agricoles appartenait à la catégorie de risque très faible et 7 p. 100 appartenaient encore aux catégories de risque élevé et très élevé entre 1981 et 2001. Les sols fins loameux sablonneux qui s'érodent facilement y sont les plus courants. Les surfaces consacrées aux cultures en rang, et donc plus vulnérables à l'érosion, particulièrement à la pomme de terre, ont augmenté sensiblement entre 1991 et 1996, entraînant une augmentation de 2 p. 100 du risque d'érosion. Cependant, l'intensification des cultures a été en partie neutralisée par des hausses de l'utilisation du travail de conservation et par les rotations foin cultivé et cultures. L'adoption des cultures sans labours demeure très limitée.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les méthodes d'aménagement qui aident à maîtriser l'érosion sont, entre autres : le travail de conservation et la gestion des résidus de végétaux; l'inclusion de fourrages dans les rotations, la plantation de cultures en rang à travers les pentes ou selon les courbes de niveau; la *culture en bandes alternantes*; la culture de couvre-sol; l'implantation, entre les rangs de cultures intercalaires comme le trèfle rouge; la plantation de couvre-sol d'hiver lorsque les sols risquent de s'éroder sous l'effet du ruissellement d'hiver. Il faut plus de recherches sur des solutions de remplacement à la culture sans travail pour les régions où cette méthode n'est pas viable, comme celles de la production intensive de produits horticoles ou de la pomme de terre. Lorsque le taux d'érosion hydrique est très élevé, les méthodes de conservation et les systèmes culturaux pourraient ne pas suffire pour maîtriser l'érosion et le ruissellement. Des structures de contôle de l'érosion, souvent plus coûteuses et réclamant plus de main-d'œuvre que les méthodes d'aménagement, pourraient être nécessaires. Ce sont les terrasses, ou les paliers, pour réduire l'inclinaison et la longueur des pentes; les petites bermes permanentes en terre ou des terrasses de dérivation le long des courbes de niveau; les voies d'eau gazonnées qui emprisonnent les sédiments qui sont entraînés hors des champs.

Compte tenu des quantités possibles de sol perdu — calculées en multipliant la proportion de terres agricoles appartenant à chaque catégorie de risque d'érosion par le taux d'érosion pour la catégorie en question, nous pouvons dire que 16 p. 100 des pertes annuelles totales de sol surviennent dans les catégories de risque très élevé, ce qui touche moins de 2 p. 100 des terres agricoles totales du Canada. En orientant les pratiques agronomiques et techniques vers les sites vulnérables à l'érosion dans ces régions, on pourrait réduire considérablement l'érosion hydrique au Canada. Les paysages pédologiques de l'Ontario, de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse devraient être les premières cibles des mesures d'atténuation, car ce sont ces provinces qui comptent la plus forte part de terres agricoles dans les catégories de risque d'érosion non tolérable. De plus, ce sont en général les régions les plus vulnérables à l'érosion en raison du profil des précipitations, de la culture intensive en rang et de la production végétale sur des pentes inappropriées. Les paysages érodables sont souvent localisés et relativement restreints, mais ils peuvent constituer des sites majeurs de perte de sol. Ces régions sont parfois négligées dans les programmes de conservation à grande échelle, et il faudrait leur consacrer des pratiques, des programmes et des politiques adaptés à leurs besoins. Une telle approche ciblée revêt une importance déterminante dans les régions suivantes : régions de cultures intensives en Ontario, en particulier celles qui appartiennent aux catégories de risque très élevé; régions productrices de la pomme de terre à l'Île-du-Prince-Édouard, la ceinture de pomme de terre du Nord-Ouest du Nouveau-Brunswick et les vastes régions de la Nouvelle-Écosse consacrées à la culture de la pomme de terre, des légumes, du maïs grain et des petits fruits.

## ■ BIBLIOGRAPHIE

Wall, G.J., D.R. Coote, E.A. Pringle et I.J. Shelton (éd.). 2002. *RUSLE-CAN – Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada : Manuel pour l'évaluation des pertes de sol causées par l'érosion hydrique au Canada*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). http://res2.agr.ca/ecorc/pubs/ruslefac_f.htm

# B) Érosion éolienne

## ■ SOMMAIRE

*L'érosion du sol par le vent est depuis longtemps un sujet de préoccupation dans de nombreuses régions du Canada, en particulier dans les Prairies semi-arides où le climat est sec et où de vastes surfaces de terres cultivées sont laissées sans protection contre le vent. Les résultats obtenus pour l'indicateur du risque d'érosion éolienne révèlent que de 1981 à 2001, dans la région des Prairies, ce risque a diminué d'environ 40 p. 100, au point où plus de 90 p. 100 des terres arables appartiennent maintenant à la catégorie de risque d'érosion éolienne allant de très faible à faible, et que seulement 3 p. 100 des terres arables appartiennent aux catégories de risque élevé à très élevé. Ce recul est attribuable à la présence d'une plus forte proportion de résidus découlant d'une baisse de 50 p. 100 des jachères, d'un doublement des superficies sous fourrages et d'une hausse appréciable du recours aux méthodes de travail réduit du sol.*

**AUTEURS :**
H. Rostad et G. Padbury

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Risque d'érosion éolienne

**PORTÉE :**
Échelle provinciale (C.-B., Alb., Sask., Man., 1981 à 2001

## ■ L'ENJEU

Bien que l'érosion éolienne suscite des préoccupations dans de nombreuses régions du Canada — des sols sablonneux le long du Fraser en Colombie-Britannique jusqu'aux régions côtières des provinces de l'Atlantique — le risque de ce type d'érosion est de loin le plus élevé dans la région des Prairies. Cette situation est attribuable au climat sec de la région et aux vastes surfaces de terres cultivées peu protégées du vent. Depuis la période du Dust Bowl des années 1930, le risque d'érosion éolienne a été considérablement réduit grâce à l'amélioration des méthodes d'aménagement des terres, plus précisément à la conversion des terres les plus vulnérables à la culture de plantes fourragères pérennes et, plus récemment, à la tendance à une réduction des jachères et à l'adoption de méthodes de travail réduit du sol. Alors qu'au cours des années 1930 et 1940, les labours intensifs à l'aide d'instruments à disque devaient être réalisés pour préparer le lit d'ensemencement, aujourd'hui le matériel d'ensemencement permet de semer et d'appliquer un engrais en un seul passage, même en présence d'une forte quantité de résidus.

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du risque d'érosion éolienne (REO) est utilisé pour évaluer le mode de variation du risque de dégradation des sols attribuables à l'érosion éolienne des terres agricoles cultivées relativement aux changements dans les méthodes de culture. Le risque est exprimé par cinq catégories relatives : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé. L'indicateur est appliqué aux régions agricoles du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta, ainsi qu'à la région de rivière de la Paix en Colombie-Britannique, où ce problème revêt une importance primordiale. L'érosion éolienne peut survenir, et survient, dans d'autres parties du Canada, et des méthodes, actuellement en préparation, visent à y étendre l'application de l'indicateur REO. L'objectif de rendement pour cet indicateur est que toutes les terres agricoles appartiennent aux catégories de risque faible ou très faible.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Le taux d'érosion éolienne est estimé à l'aide de l'équation d'érosion éolienne (EEO), (Woodruff et Siddoway 1965). Le modèle utilise un facteur climatique fondé sur la vitesse du vent et les pluies, ainsi que des facteurs pédologiques largement liés à la texture des sols. À ces facteurs pédologiques et climatiques se superpose un facteur de végétation fondé sur la quantité de résidus végétaux. Des données sur les cultures et les méthodes de travail tirées des recensements de l'agriculture de 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001, puis liées à des polygones des pédo-paysages du Canada, ont été utilisées pour arriver à une estimation du taux de changement de l'aménagement et de la gestion des terres sur différents types de sol.

Sur le plan conceptuel, l'estimation du risque d'érosion éolienne suppose tout d'abord le calcul du risque pour des sols dénudés, sans protection, puis la réduction du risque en fonction des quantités de résidus de végétaux laissés sur la surface du sol et de leur efficacité à maîtriser l'érosion. Le risque d'érosion éolienne a été calculé pour la

période d'avril à mai suivant l'ensemencement, lorsque les quantités de résidus sont les plus faibles et les vitesses du vent les plus élevées. Les estimations des quantités de résidus de diverses cultures soumises à divers régimes de travail du sol ont été déduites de la recherche effectuée par McConkey et coll. (2000) à Agriculture Canada et de l'étude réalisée par Moulin et Beimuts (2000). Plus précisément, les quantités initiales de résidus avant la récolte de chaque culture dans une région particulière ont été estimées en employant les rendements moyens et un indice de récolte; ces valeurs ont été par la suite réduites en fonction du nombre et du type d'opérations de labours associées aux méthodes classiques, aux méthodes de conservation et aux méthodes sans travail du sol dans chaque région. Comme l'information sur les méthodes de travail du sol n'était pas recueillie dans le recensement avant 1991, pour 1981 on a supposé que seule la méthode classique était appliquée et pour 1986, que les degrés de travail étaient à mi-chemin entre ceux de 1981 et de 1991.

*Dans l'ensemble, de 1981 à 2001, le risque d'érosion éolienne a diminué d'environ 40 p. 100.*

## ■ LIMITES

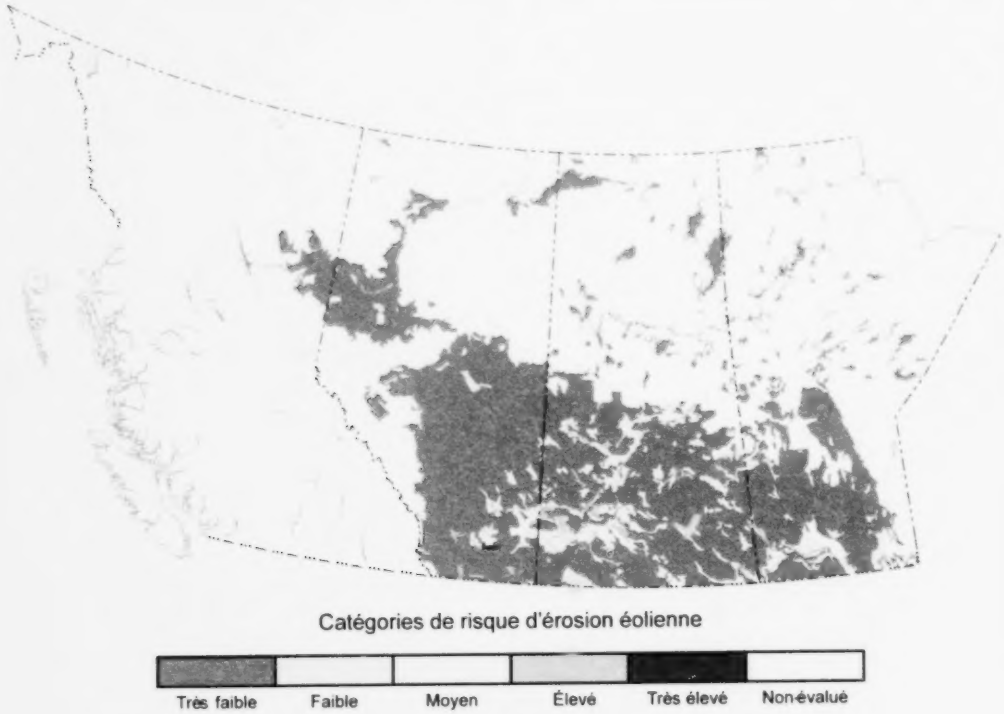
Pour évaluer avec précision le risque d'érosion éolienne dans une région particulière, il faut établir un lien entre le type de culture, le type de sol sur lequel elle est cultivée et les méthodes de travail du sol employées. Cependant, les polygones des PPC renfermant en général plusieurs types de sol ainsi que de nombreuses cultures soumises à de nombreux régimes de travail du sol, il n'est pas possible de déterminer les cultures qui sont cultivées sur un type de sol donné ou les méthodes de travail qui sont associées à des cultures ou des types de sol particuliers. La meilleure approche consiste à répartir les types de sol et les régimes de travail proportionnellement entre les diverses cultures se retrouvant dans chaque polygone. Cependant, cette méthode néglige le fait que les agriculteurs harmonisent souvent leur choix de cultures et de méthodes de travail à la situation particulière des sols, surtout si le risque inhérent d'érosion éolienne est élevé. Par exemple, rarement un agriculteur pratiquerait des jachères, planterait du canola ou des légumineuses laissant peu de résidus ou appliquerait la méthode de travail classique sur un sol sablonneux fortement érodable, mais ces scénarios sont le résultat inévitable de l'attribution proportionnelle et entraînent probablement une surestimation du risque d'érosion éolienne. Un autre problème dû à la méthode vient du fait que les estimations des rendements, les paramètres climatiques et les renseignements sur les régimes de travail du sol (p. ex., les types de matériel et le nombre d'opérations de travail) sont fondés sur des valeurs moyennes, le système est insensible aux cas de travail excessif ou de longues périodes de sécheresse qui peuvent donner lieu à des quantités de résidus inférieurs à la moyenne et à un risque d'érosion éolienne plus élevée que ce que prédit le modèle.

***Tableau 13-2 : Proportion des terres cultivées dans diverses catégories de risque d'érosion éolienne, 1981 à 2001***

**Proportion de terres cultivées dans diverses catégories de risque d'érosion éolienne (en %)**

| | Très faible | | | | | Faible | | | | | Moyen | | | | | Élevé | | | | | Très élevé | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Province** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** |
| C.-B. | 94 | 94 | 95 | 97 | 97 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Alb. | 86 | 87 | 90 | 91 | 94 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | <1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Sask. | 62 | 69 | 74 | 78 | 81 | 17 | 13 | 11 | 9 | 7 | 13 | 11 | 8 | 8 | 7 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| Man. | 75 | 76 | 81 | 81 | 82 | 10 | 10 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 | 6 | 6 | 6 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| **Prairies** | **72** | **76** | **80** | **83** | **86** | **12** | **10** | **8** | **7** | **6** | **9** | **8** | **6** | **6** | **5** | **2** | **2** | **2** | **2** | **1** | **4** | **4** | **3** | **3** | **2** |

***Figure 13-2 : Risque d'érosion éolienne des terres cultivées des Prairies, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***




## ■ RÉSULTATS

Le tableau 13-2 présente les estimations du risque d'érosion éolienne dans la région des Prairies dans l'Ouest du Canada et dans chacune des provinces en 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001. La figure 13-2 montre la distribution des catégories de risque d'érosion éolienne dans la région en 2001.

Dans l'ensemble, de 1981 à 2001, le risque d'érosion éolienne a diminué d'environ 40 p. 100, et la proportion de terres dans les catégories de risque faible et très faible a augmenté de 84 p. 100 en 1981 à 92 p. 100 en 2001. La proportion de terres agricoles cultivées appartenant aux catégories de risque modéré à très élevé a diminué de près de moitié, passant de 15 p. 100 en 1981 à 8 p. 100 en 2001.

En **Colombie-Britannique**, le risque d'érosion éolienne est faible, avec 99 p. 100 des terres agricoles aménagées appartenant aux catégories de risque faible et très faible en 2001, en hausse de 2 p. 100 par rapport à 1981.

En **Alberta** également, le risque d'érosion éolienne est faible et diminue, la proportion de terres appartenant aux catégories de risque faible et très faible ayant progressé de 97 p. 100 en 1981 à 99 p. 100 en 2001. La partie de 1 à 2 p. 100 des terres appartenant aux catégories de risque élevé et très élevé est constituée de loams sablonneux et de sables loameux, les sols à risque modéré (2 p. 100) étant principalement des sols argileux soumis à des méthodes de travail classiques.

En **Saskatchewan**, le risque d'érosion éolienne est plus élevé qu'en Alberta, mais la tendance s'est régulièrement améliorée, la proportion de terres appartenant aux catégories de risque faible et très faible progressant de 79 p. 100 en 1981 à 88 p. 100 en 2001.

Au **Manitoba** également, le risque d'érosion éolienne a diminué de façon appréciable, la proportion de terres tombant dans les catégories de risque faible et très faible passant de 85 p. 100 en 1981 à 89 p. 100 en 2001.

## ■ INTERPRÉTATION

Le risque d'érosion éolienne dans les Prairies a diminué régulièrement entre 1981 et 2001, en raison de changements apportés aux systèmes culturaux et aux méthodes de travail du sol. Les changements les plus notables ont été, entre autres, la réduction de 50 p. 100 des jachères, le doublement des superficies sous fourrages et l'augmentation radicale du recours aux méthodes de travail réduit du sol, au point que près de un hectare sur trois est maintenant soumis aux semis directs. La majeure partie de la baisse du risque peut être attribuée à ce changement des méthodes de travail. Bien qu'il y ait eu une tendance appréciable à la plantation de plus de fourrages et à l'abandon des jachères, l'effet bénéfique sur la protection contre l'érosion éolienne a été largement neutralisé par une hausse des superficies sous canola et légumineuses, qui forment moins de résidus, au détriment des céréales, en particulier au cours des 10 dernières années environ. De plus, près de 3,4 millions d'hectares appartiennent encore à la catégorie de risque d'érosion éolienne allant de moyen à très élevé. Bien que cette superficie représente moins de 10 p. 100 des terres arables des Prairies, elle dépasse la surface totale de terres arables du Canada, à l'Est de l'Ontario.

**Colombie-Britannique :** Dans la région de rivière de la Paix, le risque d'érosion éolienne est faible, principalement en raison du climat relativement froid, humide qui prévaut. La hausse de la proportion de terres appartenant aux catégories de risque faible à très faible témoigne d'une augmentation de 12 p. 100 des semis directs, d'une baisse de 27 p. 100 des jachères et d'une augmentation parallèle de la production de fourrages.

**Alberta :** Dans cette province, le risque d'érosion éolienne est également faible, en partie en raison du climat frais et humide de la région de rivière de la Paix et d'autres régions du Nord. Cependant, le risque est faible même dans les régions arides du Sud, car la plupart (80 p. 100) des sols cultivés ont une texture loameuse et donc relativement résistante à l'érosion éolienne et aussi parce que bon nombre de types de sols sensibles ont été couverts de fourrages. Environ 20 p. 100 des terres cultivées dans les zones de *sols bruns* et brun foncé de l'Alberta sont cultivées en fourrages, alors que dans les régions semblables de la Saskatchewan voisine, la proportion correspondante est de moins de 10 p. 100.

**Saskatchewan :** Le risque d'érosion éolienne est plus élevé dans cette province qu'en Alberta principalement du fait qu'une plus forte proportion des terres cultivées appartient aux zones plus arides de sols bruns et brun foncé et une proportion légèrement plus élevée, aux zones de sols sableux et argileux plus vulnérables à l'érosion. Néanmoins, la tendance s'est améliorée, grâce à une réduction de 50 p. 100 des superficies en jachères et à une augmentation radicale du recours aux semis directs, au point que près de 40 p. 100 des superficies ensemencées chaque année le sont en une seule opération.

**Manitoba :** Cette province a aussi connu un recul appréciable du risque d'érosion éolienne, et bien que son climat soit de beaucoup plus humide que celui de la Saskatchewan, ce qui suppose proportionnellement moins de jachères et plus de fourrages, le risque d'érosion est comparable en raison de la plus forte proportion de sols sablonneux (22 p. 100) et argileux (23 p. 100) cultivés.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Environ 20 p. 100 des superficies appartenant aux catégories de risque de moyen à très élevé dans les Prairies sont constituées de sables loameux avec lesquels la plantation de fourrages vivaces est l'option d'intervention la plus pratique. Dans les régions du Nord cependant, le risque peut être atténué suffisamment par l'adoption d'un régime strict sans travail du sol. Pour les loams sablonneux,

qui représentent près du tiers des sols à risque, il faut éviter les jachères, bien que la *jachère chimique* puisse être employée dans les zones de *sols noirs* et gris. Le semis direct est la meilleure option pour la plantation de résidus de légumineuses ou de canola. Le reste des surfaces présentant un risque est constitué de sols loameux ou argileux qui sont soit soumis aux jachères classiques, soit plantées en légumineuses ou en canola par des méthodes classiques. Il est en général convenu que la tendance au recours aux méthodes de travail réduit du sol et à la diminution des superficies en jachères dans les Prairies est attribuable à plusieurs facteurs en plus de la conservation des sols, notamment au travail réduit, aux exigences imposées par l'énergie et la machinerie, à de meilleures interventions de lutte contre les mauvaises herbes et à une augmentation de l'efficacité de l'humidité. Les producteurs ont pu tirer profit d'un nouveau matériel d'ensemencement qui peut semer et épandre des engrais en un seul passage, même en présence d'une forte quantité de résidus. Ces avantages, associés au fait que 40 p. 100 des superficies sont encore soumises aux méthodes classiques de travail, laissent croire que la tendance actuelle à des méthodes de conservation devrait se poursuivre, ce qui entrainerait davantage à la baisse le risque d'érosion éolienne.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


McConkey, B., T. McInnis et W. Eilers, 2000. *Environmentally Sustainable Production Practices for Diversified Cropping Systems in the Semiarid Prairie – Rapport final au Fonds Canada-Saskatchewan d'innovation agroalimentaire (Project 96000486).* Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherches sur l'agriculture des Prairies semi-arides, Swift Current (Sask.).

Moulin, A.P. et R. Beimuts, 2000. *Residue Tillage (Decision) Support System (RTDS) Version 1.1.* Documentation. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Brandon (Man.).

Woodruff, N.P. et F.H. Siddoway, 1965. *A Wind Erosion Equation.* Soil Science Society of America Proceedings. 29 (5) : 602-608.

# C) Érosion attribuable au travail du sol

**AUTEUR :**
D. Lobb

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Risque d'érosion par le travail du sol

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*L'érosion attribuable au travail du sol est une forme d'érosion appréciable qui a provoqué une dégradation considérable des sols et des paysages du pays. Les résultats obtenus pour l'indicateur du risque d'érosion par le travail du sol révèlent qu'entre 1981 et 2001, le risque de ce type d'érosion au Canada a diminué de près de 50 p. 100, un recul appréciable. En 2001, près de 50 p. 100 des terres agricoles appartenaient à la catégorie de risque très faible d'érosion par le travail du sol. Cette tendance positive est principalement attribuable au recul de l'érosivité des méthodes de travail du sol (p. ex., une intensification des méthodes sans travail du sol). Cependant, les méthodes érosives persistent dans certaines régions, notamment dans certains paysages fortement érodables (p. ex., en Ontario, à l'Île-du-Prince-Édouard et au Nouveau-Brunswick).*

## ■ L'ENJEU

De nombreux instruments aratoires déplacent le sol et, sur les pentes, ce déplacement est accentué par la gravité, ce qui entraîne une plus grande quantité de sol lorsque ce dernier est labouré vers le bas de la pente plutôt que vers le haut. Même lorsque les terres sont labourées en travers de la pente, une plus grande quantité sera entraînée vers le bas que vers le haut. Le mouvement progressif du sol vers le bas des collines, ainsi que son accumulation à leur base, est ce qu'on appelle l'érosion attribuable au travail du sol (Govers et coll. 1999). Les preuves de l'érosion par le travail du sol sont très répandues sur les terrains accidentés. Cette forme d'érosion est plus grave lorsque les terres présentent de courtes pentes escarpées et dans les régions où sont employées des méthodes intensives de culture et de labours. Bien qu'elle s'en distingue, l'érosion par le travail du sol influe sur l'érosion éolienne et hydrique en exposant le sous-sol qui est plus sensible à ces mécanismes d'érosion et en entraînant du sol vers des parties du paysage où l'érosion hydrique est plus intense. En conséquence, l'érosion par le travail du sol contribue également aux effets environnementaux hors site de l'érosion.

## ■ L'INDICATEUR

L'Indicateur du risque d'érosion par le travail du sol (IRETS) est utilisé pour évaluer le mode d'évolution du risque de dégradation des sols par l'érosion attribuable aux labours des terres agricoles cultivées avec les changements des modes d'aménagement des terres. L'érosion par le travail du sol est fonction de l'érodabilité du paysage et de l'érosivité de la méthode de travail employée. Les paysages accidentés, avec des pentes courtes et escarpées sont fortement érodables. Les collines abruptes en sont un exemple. Les cultures fréquemment labourées à l'aide d'instruments qui déplacent de grandes quantités de sol sur de vastes distances sont fortement érosives. La production de pommes de terre par des méthodes classiques en constitue un exemple.

Le taux de perte de sol attribuable à l'érosion par le travail du sol est calculé, et les résultats sont rapportés selon cinq classes de risque qui correspondent à cinq catégories de taux d'érosion : très faible (moins de 6 tonnes par hectare par année), faible (de 6 à 11 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$), moyen (de 11 à 22 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$), élevé (de 22 à 33 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$) et très élevé (supérieur à 33 t $ha^{-1}$ $an^{-1}$). Les régions appartenant à la catégorie de risque très faible sont jugées aptes à soutenir la production végétale à long terme et, dans les conditions actuelles, à préserver la santé agroenvironnementale. Les quatre autres catégories correspondent à des conditions non propices à la pérennité, qui commandent l'application de méthodes de conservation des sols pour soutenir la production végétale à long terme et pour réduire les effets sur la qualité de l'eau. L'objectif de rendement visé avec cet indicateur est d'accroître la proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Le modèle sous-jacent à l'indicateur du risque d'érosion par le travail du sol a été mis au point par Lobb (1997). Le taux de perte de sol attribuable à l'érosion par le travail est calculé en multipliant l'érosivité de la méthode de travail employée et l'érodabilité du sol. Ce taux est calculé pour chaque

polygone des pédo-paysages du Canada. Aux fins d'analyse et de production de rapports, l'érosivité de la méthode de travail, l'érodabilité du paysage et les valeurs du taux d'érosion par la méthode de travail ont été agrégées, ou extrapolées aux échelons provincial, régional et national.

L'érosivité de la méthode de travail est évaluée pour chaque polygone des pédo-paysages du Canada (PPC, v. 3.0) à l'aide des méthodes de culture et de travail rapportées dans la base de données du Recensement de l'agriculture. Les méthodes de culture et de travail figurant dans cette base de données sont groupées en classes (p. ex., maïs grain soumis à des méthodes de travail classiques, maïs grain soumis à des méthodes de conservation, ou maïs grain obtenu sans travail du sol). Des valeurs d'érosivité sont assignées à chaque catégorie, selon la nature des méthodes de travail représentant chaque catégorie de méthode et de système cultural, dans les divers agroécosystèmes du Canada et à partir de données expérimentales (Lobb et coll. 1995, 1999).

*Le risque d'érosion par la méthode de travail du sol a diminué régulièrement au Canada entre 1981 et 2001.*

Chaque polygone des PPC est caractérisé par un ou plusieurs reliefs représentatifs, et chaque relief est caractérisé par des segments de pente (partie supérieure, médiane et inférieure et dépression), et chaque segment de pente est caractérisé par un gradient et une longueur. Les valeurs d'érodabilité du relief sont calculées pour chaque relief en fonction du gradient de la pente moyenne (le gradient de pente maximal qui détermine la perte totale de sol d'un relief), de la longueur de la pente supérieure (la portion convexe du relief qui détermine la surface d'où le sol est arraché) et de la longueur totale de la pente (qui détermine la densité des pentes dans une région donnée). Les données sur le relief et les données topographiques connexes sont tirées de la Base nationale des données sur les sols.

## ■ LIMITES

Comparativement aux autres mécanismes d'érosion du sol, il existe très peu de données expérimentales sur l'érosion par le travail du sol. Les valeurs de l'érosivité de la méthode de travail pour les catégories de méthodes de culture et de labours sont des estimés générés à partir des quelques expériences réalisées au Canada et ailleurs dans le monde et d'opinions d'experts sur le caractère des opérations de labour représentant chaque catégorie de système de labours et de culture. Les données sur le relief utilisées pour calculer les valeurs d'érodabilité du relief n'ont pas été adéquatement vérifiées. Les reliefs sont représentés par des pentes simples, bidimensionnelles; dans ce cas, les données sur le relief ne traduisent pas la complexité topographique qui existe dans certains d'entre eux. On suppose que les pertes de sol par l'érosion due à la méthode de travail sont uniformément distribuées sur les portions convexes des reliefs et qu'il n'existe aucune frontière sur la longueur des pentes. Dans chaque polygone des PPC, on a supposé que les cultures sont distribuées uniformément entre et sur les paysages du polygone.

Il sera possible d'améliorer la capacité d'effectuer des évaluations précises à partir de l'Indicateur du risque d'érosion par le travail du sol lorsque les recherches sur l'érosivité des méthodes seront élargies et à mesure que les données sur les reliefs seront l'objet de vérifications plus rigoureuses. Grâce à ces recherches et à la validation des résultats obtenus avec l'indicateur, il sera possible d'évaluer la certitude des constatations découlant de l'indicateur. De plus, il faut aussi mieux comprendre le mode d'interaction des mécanismes d'érosion du sol. On sait que les pertes de sol causées par l'érosion due au travail augmentent le potentiel d'érodabilité du sol par le vent et l'eau; de plus, le sol érodé par la méthode de travail est entraîné vers des parties du paysage où l'érosion hydrique est la plus intense. Grâce à une meilleure compréhension de ces interactions, on parviendra à des évaluations plus exhaustives et plus précises du risque d'érosion du sol.

## ■ LES RÉSULTATS

Le tableau 13-3 présente le risque d'érosion par la méthode de travail du sol au Canada et dans chacune des provinces pour les années 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001. La figure 13-3 montre la distribution de diverses catégories de risque dans l'Ouest et l'Est du Canada en 2001.

***Tableau 13-3 : Proportion des terres cultivées dans diverses catégories de risque d'érosion par les méthodes de travail du sol, 1981 à 2001***

Proportion des terres cultivées dans diverses catégories de risque d'érosion par la méthode de travail (en %)

| | Très faible | | | | | Faible | | | | | Moyen | | | | | Élevé | | | | | Très élevé | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Province** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** | **81** | **86** | **91** | **96** | **01** |
| C.-B. | 20 | 20 | 21 | 32 | 34 | 38 | 36 | 43 | 39 | 40 | 38 | 36 | 29 | 29 | 26 | 3 | 8 | 7 | 1 | 1 | 1 | <1 | <1 | <1 | 0 |
| Prairies | 40 | 40 | 42 | 45 | 53 | 9 | 12 | 15 | 21 | 27 | 28 | 29 | 29 | 29 | 19 | 16 | 15 | 12 | 4 | 1 | 7 | 4 | 1 | <1 | 0 |
| Alb. | 57 | 56 | 60 | 63 | 71 | 9 | 10 | 12 | 17 | 16 | 21 | 22 | 20 | 16 | 11 | 6 | 9 | 7 | 3 | 1 | 6 | 3 | <1 | 1 | 0 |
| Sask. | 24 | 25 | 27 | 30 | 38 | 8 | 13 | 15 | 22 | 34 | 34 | 35 | 38 | 41 | 26 | 23 | 21 | 18 | 6 | 1 | 10 | 6 | 2 | <1 | 0 |
| Man. | 63 | 62 | 62 | 64 | 66 | 13 | 14 | 26 | 26 | 25 | 18 | 19 | 11 | 10 | 10 | 6 | 5 | 2 | <1 | <1 | <1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ont. | 16 | 16 | 17 | 26 | 28 | 18 | 19 | 19 | 9 | 8 | 25 | 26 | 31 | 47 | 48 | 33 | 32 | 27 | 13 | 11 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| Qc | 61 | 58 | 57 | 47 | 45 | 20 | 26 | 28 | 40 | 39 | 17 | 13 | 12 | 10 | 13 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Atlantique | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 31 | 26 | 26 | 26 | 51 | 40 | 45 | 42 | 42 | 2 | 4 | 4 | 5 | 6 | 2 | 0 | <1 | 2 | <1 |
| N.-B. | 36 | 46 | 46 | 43 | 45 | 26 | 33 | 33 | 38 | 33 | 32 | 13 | 13 | 13 | 14 | 1 | 8 | 8 | 0 | 8 | 5 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| N.-É. | 4 | 5 | 5 | 11 | 12 | 29 | 45 | 58 | 55 | 58 | 65 | 50 | 36 | 31 | 29 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Î.-P.-É. | 18 | 19 | 19 | 19 | 18 | 23 | 21 | <1 | <1 | <1 | 55 | 56 | 77 | 70 | 72 | 4 | 4 | 3 | 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T.-N. | 30 | 0 | 15 | 17 | 14 | 0 | 0 | 49 | 48 | 48 | 58 | 100 | 6 | 0 | 25 | 12 | 0 | 16 | 25 | 0 | 0 | 0 | 15 | 10 | 12 |
| **Canada** | **38** | **39** | **40** | **43** | **50** | **11** | **14** | **17** | **21** | **26** | **27** | **28** | **28** | **30** | **22** | **16** | **16** | **13** | **5** | **2** | **7** | **4** | **2** | **1** | **0** |

**Canada :** Le risque d'érosion par la méthode de travail du sol a diminué régulièrement au Canada entre 1981 et 2001. Au cours de cette période, une réduction de 43 p. 100 de l'érosivité de la méthode a entraîné une baisse de 48 p. 100 de ce type d'érosion. (Il ne s'est produit que des changements mineurs de l'érodabilité du paysage découlant de changements dans les terres cultivées.) La majeure partie de ce changement est survenue entre 1996 et 2001. En 2001, près de 50 p. 100 des terres cultivées du Canada appartenaient à la catégorie de risque très faible, ou « écologiquement durables », amélioration considérable par rapport à 1981 (38 p. 100).

**Colombie-Britannique :** La Colombie-Britannique a suivi la tendance nationale, avec une baisse de 25 p. 100 de l'érosivité des méthodes de travail entre 1981 et 2001 et une baisse concomitante de 27 p. 100 de l'érosion due aux méthodes de travail. La proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible a progressé de 20 p. 100 en 1981 à 34 p. 100 en 2001.

**Provinces des Prairies :** Ce sont les trois provinces des Prairies qui ont connu la plus forte modification du risque d'érosion due aux méthodes de travail et qui ont apporté la plus grande contribution aux changements observés à l'échelle nationale. Bien que dans les trois provinces, le risque d'érosion par les méthodes de travail ait diminué, la Saskatchewan et l'Alberta ont connu la plus forte augmentation de la proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible, proportion qui est passée de 24 p. 100 en 1981 à 38 p. 100 en 2001 et de 57 p. 100 en 1981 à 71 p. 100 en 2001 respectivement. Le Manitoba a connu une réduction plus modeste du risque d'érosion par les méthodes de travail : la proportion des terres tombant dans la catégorie risque très faible est passée de 63 p. 100 à 66 p. 100 entre 1981 et 2001. Il faut souligner que l'Alberta et le Manitoba sont les deux seules provinces où plus de 50 p. 100 des terres agricoles appartiennent à la catégorie de risque très faible. La forte proportion de terres agricoles du Manitoba appartenant à cette dernière catégorie peut s'expliquer par le fait que le gros des terres agricoles se trouve dans des paysages qui ne sont pas fortement érodables, dans la vallée de la rivière Rouge : le paysage de 70 p. 100 des terres agricoles de cette province est jugé de très faible érodabilité. La tendance la plus marquée dans les provinces des Prairies est le passage des terres agricoles des catégories de risque modéré et élevé à la catégorie de risque faible. Ce changement découle des baisses considérables de l'érosion par le travail du sol observées – baisse de 48 p. 100, de 55 p. 100 et de 29 p. 100 entre 1981 et 2001 en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba respectivement.

***Figure 13-3 : Risque d'érosion attribuable au travail du sol sur les terres cultivées du Canada, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***

**Ontario :** Entre 1981 et 2001, des changements considérables sont survenus dans les proportions des terres agricoles de l'Ontario appartenant aux cinq catégories de risque d'érosion par le travail du sol. Les proportions appartenant aux catégories de risque très élevé ont diminué de 8 p. 100 à 4 p. 100, alors que les proportions appartenant à la catégorie de risque élevé baissaient de 33 p. 100 à 12 p. 100. De plus, les superficies appartenant à la catégorie de risque faible ont diminué de 18 à 8 p. 100. Ces améliorations ont été neutralisées par des hausses dans les catégories de risque moyen et très faible, qui sont passées de 25 à 49 p. 100 et de 16 à 28 p. 100 respectivement. Dans l'ensemble, l'érosivité de la méthode de travail a diminué d'environ 26 p. 100, alors que l'érosion par les méthodes de travail baissait de 25 p. 100 entre 1981 et 2001. Néanmoins, l'Ontario compte la plus forte proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très élevé d'érosion (16 p. 100 en 2001).

**Québec :** La majeure partie des terres agricoles du Québec s'étend dans des paysages qui ne sont pas fortement érodables, dans les basses terres du Saint-Laurent : le paysage de 70 p. 100 des terres agricoles de cette province est considéré ayant une très faible érodabilité. En conséquence, même si l'érosivité des méthodes de travail a augmenté régulièrement (de 13 p. 100 entre 1981 et 2001), l'érosion par les méthodes de travail est demeurée pratiquement inchangée. La proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de très faible risque d'érosion par la méthode de travail du sol a diminué de 61 p. 100 à 45 p. 100, avec une hausse connexe de 20 à 39 p. 100 dans la catégorie à faible risque. Il y a eu très peu de changement dans les catégories de risque plus élevé.

**Provinces de l'Atlantique :** Entre 1981 et 2001, il y a eu très peu de réduction de l'érosivité des méthodes de travail dans les provinces de l'Atlantique (6 p. 100); en conséquence, la réduction du taux d'érosion par la méthode de travail est minime (3 p. 100). La proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de très faible risque d'érosion par la méthode de travail est relativement faible et n'a connu qu'une hausse de 20 à 25 p. 100. Avec 26 p. 100 des terres agricoles dans la catégorie à faible risque durant la période, près de 50 p. 100 des terres agricoles présentaient un risque de moyen à très faible d'érosion par les méthodes de travail (54 p. 100 en 1981 contre 49 p. 100 en 2001).

Les résultats obtenus pour chacune des provinces de l'Atlantique diffèrent considérablement. L'érosivité des méthodes de travail et l'érosion par la méthode de travail ont toutes deux augmenté à l'Île-du-Prince-Édouard (augmentation de 19 p. 100 de l'érosion) et à Terre-Neuve-et-Labrador (augmentation de 14 p. 100 de l'érosion), alors qu'elles ont diminué au Nouveau-Brunswick (diminution de 17 p. 100 de l'érosion) et en Nouvelle-Écosse (diminution de 24 p. 100 de l'érosion). Au Nouveau-Brunswick, les superficies des terres agricoles appartenant aux catégories de risque très faible (36 p. 100 en 1981 contre 45 p. 100 en 2001) et faible (26 p. 100 contre 34 p. 100) ont augmenté, alors que diminuaient les proportions des terres appartenant aux catégories de risque plus élevé, particulièrement la catégorie de risque moyen (32 p. 100 en 1981 contre 14 p. 100 en 2001). En revanche, à l'Île-du-Prince-Édouard, la proportion des terres agricoles a augmenté dans la catégorie de risque moyen (55 p. 100 contre 72 p. 100) et élevé (4 p. 100 contre 9 p. 100). Les superficies appartenant à la catégorie de faible risque d'érosion a diminué de 23 p. 100 en 1981 à 0 p. 100 en 2001, alors qu'il ne s'est produit aucun changement dans les catégories de risque très faible (18 p. 100 entre 1981 et 2001) et très élevé (0 p. 100).

## ■ INTERPRÉTATION

**Canada :** Le recul du risque d'érosion par les méthodes de travail du sol au Canada est lié à une baisse de l'érosivité des méthodes de travail. L'érodabilité du paysage varie grandement d'une région à l'autre du pays, mais elle ne change pas avec le temps. Les légères modifications de l'érodabilité qui surviennent sont le résultat du retrait et de la remise en production de terres. En conséquence, c'est le changement de l'érosivité des méthodes de travail du sol qui explique les modifications observées dans le taux d'érosion par le travail du sol. Les baisses de l'érosivité des méthodes et, partant, de l'érosion due au travail, découlent de l'adoption des méthodes de conservation ou de la culture de végétaux qui requierent moins de labours. Le recul de l'érosion due au travail du sol au Canada est largement attribuable à l'adoption généralisée de méthodes de conservation (60 p. 100 des terres ensemencées en 2001), en particulier de la culture sans labours (représentant la moitié des terres soumises aux méthodes de conservation) dans la plupart des provinces. Le changement de type de cultures

n'a pas été un facteur contributif. Les cultures exigeant un travail plus intensif, qui les rend plus érosives, comme le maïs, la pomme de terre et les haricots, ont été implantées sur de plus vastes superficies et sur une plus forte proportion de terres agricoles durant des années particulières couvertes par les rapports, de 6 p. 100 en 1981 à 15 p. 100 en 2001. Cette tendance à la hausse a été neutralisée par une baisse des jachères, qui ont diminué de 22 p. 100 en 1981 à 12 p. 100 en 2001, et par une augmentation des surfaces sous cultures nécessitant très peu de labours, comme la luzerne et le foin, qui sont passées de 13 p. 100 en 1981 à 18 p. 100 en 2001. Les cultures les plus dominantes sont, de loin, les céréales, qui couvraient près de 60 p. 100 des terres agricoles durant toutes les années visées par les rapports. Bien que pour la plupart des cultures, on ait constaté une réduction de l'intensité du travail, l'adoption des semis directs (culture sans labours) dans les plantations de céréales a eu le plus grand effet sur l'érosivité des méthodes et l'érosion due aux méthodes de travail, du fait de la plus grande proportion de terres agricoles consacrées aux céréales. Bien que le risque d'érosion par les méthodes de travail ait diminué depuis 1981, moins de 50 p. 100 des terres agricoles du Canada appartenaient à la catégorie de risque très faible en 2001.

**Colombie-Britannique :** En Colombie-Britannique, l'érosivité des méthodes de travail a diminué régulièrement ainsi que le risque connexe d'érosion par les méthodes de travail. Cette amélioration est principalement attribuable à la conversion de cultures nécessitant des labours intensifs à des cultures nécessitant très peu de labours, plutôt qu'à l'adoption de méthodes de conservation. Les changements culturaux ont été dominés par la réduction des superficies sous céréales, qui sont passées de 49 p. 100 des terres agricoles en 1981 à 20 p. 100 en 2001, et à l'augmentation des surfaces sous luzerne et foin, qui sont passées de 39 p. 100 en 1981 à 66 p. 100 en 2001. L'adoption de méthodes de conservation a été relativement limitée, 21 p. 100 des superficies ensemencées ayant été soumises à ces méthodes en 2001 et 14 p. 100 aux semis directs (sans labours) en 2001. Les changements survenus dans cette province, qui recèle moins de 1 p. 100 des terres agricoles du Canada, ne se traduisent pas dans l'analyse nationale.

**Prairies :** Compte tenu de la forte proportion des terres agricoles qu'elles recèlent (85 p. 100), les provinces des Prairies dominent l'analyse nationale; en conséquence, l'interprétation des résultats obtenus dans cette région domine l'interprétation à l'échelle nationale. La baisse de l'érosivité des méthodes de travail et donc, du risque d'érosion par ces méthodes est attribuable en partie à une réduction des superficies en jachères : des réductions de 12 p. 100 à 5 p. 100, de 36 p. 100 à 17 p. 100 et de 19 p. 100 à 11 p. 100 ont été enregistrées entre 1981 et 2001 au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta respectivement. L'adoption croissante des semis directs (13 p. 100, 39 p. 100 et 27 p. 100 des terres ensemencées en 2001 au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta respectivement) est largement à l'origine de la baisse de l'érosivité des méthodes de travail du sol et de l'érosion connexe. Bien que les améliorations qui se sont produites au Manitoba aient été plus modestes qu'en Alberta et en Saskatchewan, la majeure partie des terres agricoles de cette province (70 p. 100) appartient à la catégorie de très faible érodabilité et donc le risque d'érosion par les méthodes de travail est faible, même si le travail est intensif.

**Ontario :** Entre 1981 et 2001, l'Ontario a été la province du pays qui a connu les plus forts taux d'érosivité des méthodes de travail et d'érosion connexe. Cette situation peut s'expliquer par la forte proportion de cultures demandant des labours intensifs (p. ex., le maïs et le soya) produites dans cette province. La proportion des terres sous des cultures de ce type a progressé de 39 p. 100 à 56 p. 100 entre 1981 et 2001. Cette augmentation est largement liée à un triplement des surfaces ensemencées en soya. Bien que les superficies sous ces cultures aient augmenté, l'intensité du travail utilisé a diminué avec l'adoption des méthodes de conservation, ce qui a entraîné des baisses globales de l'érosivité des méthodes de travail et de l'érosion connexes.

**Québec :** Au Québec, le risque d'érosion due aux méthodes de travail du sol est demeuré relativement faible et pratiquement constant au cours de la période de 20 ans couverte par l'étude. Les faibles taux d'érosion par les méthodes de travail du sol et l'absence de changement peuvent s'expliquer par le fait qu'une forte proportion des terres cultivées est

presque plate et donc très peu érodable. En 2001, la province a eu l'un des plus forts taux d'érosivité des méthodes de travail du pays et a été l'une des deux seules provinces à connaître une augmentation de cette érosivité (augmentation de 13 p. 100 depuis 1981). Cette hausse a découlé d'une augmentation des superficies plantées en maïs et en soya (10 p. 100 des superficies ensemencées en 1981 contre 35 p. 100 en 2001). L'adoption des méthodes de conservation du sol pour ces cultures a limité l'augmentation de l'érosivité des méthodes à 13 p. 100, et comme ces cultures sont ensemencées sur des terres de très faible érodabilité, il y a eu très peu de changement dans le taux d'érosion attribuable au travail du sol.

**Provinces de l'Atlantique :** Le risque d'érosion par les méthodes de travail du sol dans cette région suscite des préoccupations – des systèmes fortement érosifs de cultures et de travail du sol (c.-à-d. la production de la pomme de terre) sont souvent employés dans des paysages fortement érodables. Les taux d'érosion par les méthodes de travail sont demeurés relativement élevés, et n'ont connu qu'une légère baisse entre 1981 et 2001. Des améliorations énormes sont survenues au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, mais elles sont neutralisées par le changement à l'Île-du-Prince-Édouard. Il faut souligner qu'en raison de la faible superficie des terres cultivées, les changements à Terre-Neuve-et-Labrador sont difficiles à interpréter et ont peu d'effet sur les résultats régionaux. Entre 1981 et 2001, au Nouveau-Brunswick, il y a eu une hausse de 9 p. 100 des surfaces plantées en pommes de terre, une augmentation de 8 p. 100 des surfaces sous luzerne et foin, et une augmentation de 28 p. 100 des plantations de céréales. Ce changement des types de cultures, accompagné par une modeste réduction de l'intensité des labours, a donné lieu à une baisse de 17 p. 100 de l'érosion par les méthodes de travail. En revanche, à l'Île-du-Prince-Édouard, les superficies sous pomme de terre ont connu une augmentation de 68 p. 100 et les plantations de luzerne et de foin, une augmentation de 14 p. 100, alors que les plantations de céréales diminuaient de 14 p. 100. Ces changements, accompagnés par une modeste réduction de l'intensité des labours, se sont traduits par une augmentation de 19 p. 100 du taux d'érosion attribuable au travail du sol. La production de pommes de terre est fortement érosive, même si des méthodes de conservation sont appliquées. En conséquence, les variations des superficies plantées en pommes de terre influent grandement sur les tendances de l'érosion par les méthodes de travail.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Pour réduire l'érosion due au travail du sol, il conviendrait de porter une attention particulière aux paysages accidentés, et donc plus vulnérables à ce type d'érosion. Ce dernier peut être contrôlé en modifiant les méthodes de travail. En éliminant les labours, cette érosion peut être stoppée. L'adoption de systèmes de cultures sans travail de la terre ou la culture de végétaux qui ne nécessitent aucun labour, comme les fourrages, représentent les moyens les plus efficaces de réduire l'érosion attribuable aux méthodes de travail. Cependant, même des pratiques comme l'ensemencement ou l'injection d'engrais peuvent provoquer un mouvement appréciable des sols et une érosion attribuable aux méthodes de travail du sol.

Bon nombre de systèmes culturaux, ceux de la pomme de terre par exemple, s'accompagneront toujours d'une certaine forme de perturbation des sols, qui conduit à son déplacement et à l'érosion attribuable aux travail du sol. Dans ces systèmes de production, il est important de bien choisir les instruments aratoires et d'appliquer des méthodes de labours d'une façon qui réduise au minimum l'érosion. Les instruments aratoires qui détachent moins de sol et le déplacent sur de plus courte distance provoqueront une plus faible érosion. Une vitesse et une profondeur d'opération plus uniformes diminueront également le taux d'érosion. Dans les paysages où la culture en courbes de niveau est pratique, cette approche peut donner lieu à une moins forte érosion que les cultures vers le haut et vers le bas des pentes, en particulier s'il est possible d'arriver à une plus grande uniformité de la profondeur et de la vitesse de labours en travaillant le long des courbes de niveau.

Les méthodes de travail du sol qui permettent de contrôler efficacement l'érosion éolienne et hydrique ne sont pas nécessairement efficaces contre l'érosion par le travail du sol. Par exemple,

le chisel laisse plus de résidus de végétaux sur la surface du sol que la charrue à socs, ce qui assure une plus grande protection contre l'érosion éolienne et hydrique; cependant, le chisel peut déplacer le sol sur une plus grande distance et provoquer une plus forte érosion attribuable au travail du sol. En fait, une charrue à soc réversible peut être un outil de conservation très efficace, si le soc est déplacé vers le haut de la pente. Le mouvement de bas en haut du sol par la charrue à soc peut neutraliser le mouvement vers le bas de la pente occasionné par d'autres opérations. Des clôtures, des brise-vent, des terrasses de diversion de l'eau et autres méthodes peuvent réduire l'érosion éolienne et hydrique, mais peuvent entraîner des pertes plus généralisées de sol associées à l'érosion attribuable au travail du sol.

Bien qu'il soit possible de freiner l'érosion due au travail du sol, il peut être nécessaire d'appliquer des mesures extraordinaires dans les régions où il existe de longs antécédents de ce type d'érosion. Les parties du paysage qui sont assujetties aux graves pertes de sol, en particulier les pentes, ont aussi la plus faible possibilité de régénérer le sol de surface. Certains agriculteurs utilisent l'épandage de fumier dans ces régions pour stimuler la régénération. D'autres enlèvent le sol qui s'est accumulé à la base des collines et l'appliquent à ces parties fortement érodées pour restaurer le paysage.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Govers, G., D.A. Lobb et T.A. Quine, 1999. *Tillage Erosion and Translocation: Emergence of a New Paradigm in Soil Erosion Research*. Journal of Soil and Tillage Research. 51 (3-4) : 167-174.

Lobb, D.A., 1997. *Tillage Erosion Risk Indicator. Methodology and Progress Report*. Agri-Environmental Indicator Project. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.).

Lobb, D.A., R.G. Kachanoski et M.H. Miller, 1995. *Tillage Translocation and Tillage Erosion on Shoulder Slope Landscape Positions Measured Using $^{137}Cs$ as a Tracer*. Canadian Journal of Soil Science. 75 : 211-218.

Lobb, D.A., et R.G. Kachanoski, 1999. *Modelling Tillage Erosion on the Topographically Complex Landscapes of Southwestern Ontario*. Journal of Soil and Tillage Research. 51 : 261-277.

Lobb, D.A., R.G. Kachanoski et M.H. Miller, 1999. *Tillage Translocation and Tillage Erosion in the Complex Upland Landscapes of Southwestern Ontario*. Journal of Soil and Tillage Research. 51 : 189-209.

# 14. Carbone organique du sol

**AUTEURS :**
B. McConkey, J. Hutchinson, W. Smith, B. Grant et R. Desjardins

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Changement du carbone organique dans le sol

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*La matière organique dans le sol est liée à de nombreux aspects importants de la qualité du sol et est un élément important de la santé et de la fertilité du sol. Nous avons mis au point un indicateur — l'Indicateur de changement du carbone organique dans le sol — pour déterminer dans quelle mesure les concentrations de carbone organique changent en fonction du temps dans les sols agricoles canadiens. Le changement du carbone organique dans le sol (COS) est un indice utile de la santé générale du sol et sert également à déterminer quelle quantité de dioxyde de carbone est captée de l'atmosphère et séquestrée dans les sols agricoles. On détermine le taux de changement du carbone organique dans le sol en intégrant les scénarios généralisés des pratiques passées et actuelles d'utilisation et de gestion des terres dans le modèle de simulation Century.*

*En ce qui concerne le carbone organique du sol, les résultats indiquent que les terres agricoles du Canada sont passées d'une situation caractérisée par une perte nette en 1991 et au cours des années antérieures à une situation caractérisée par un gain net depuis 1996. La plupart des gains ont été réalisés dans les Prairies, où l'adoption croissante du travail réduit du sol, la réduction des superficies en jachère et l'augmentation des cultures de foin ont contribué à restaurer la matière organique du sol. Dans l'ensemble, le taux moyen de changement du COS dans les terres agricoles canadiennes était de 29* kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$ *en 2001. Ce taux indique que les terres agricoles canadiennes ont représenté un puits net de 4,4 Mt de* dioxyde de carbone ($CO_2$) *cette année-là. Malgré ces bons résultats en général, les prévisions indiquent que 15 p. 100 des terres agricoles canadiennes présentent une réduction importante du carbone organique dans le sol (pertes de 50 kg* $ha^{-1}$ $an^{-1}$ *ou plus).*

## ■ L'ENJEU

Le *carbone (C)* est l'élément fondamental de tous les êtres vivants et le principal constituant de la matière organique du sol. Ce sont d'abord les plantes qui captent le carbone sous forme de dioxyde de carbone dans l'air durant la *photosynthèse*. Ce carbone finit par se retrouver dans le sol lorsque meurent les plantes et les animaux qui consomment directement ou indirectement les plantes. La plus grande partie de ce carbone retourne rapidement dans l'atmosphère durant la décomposition initiale des plantes et des animaux morts. Toutefois, dans le cadre du processus de décomposition, une petite partie du carbone organique des plantes et des animaux dans le sol se transforme en matière organique qui se décompose moins facilement. Avec le temps, la matière organique s'accumule dans le sol jusqu'à l'atteinte d'un équilibre où l'ajout de nouvelle matière organique dans le sol à partir des plantes et des animaux morts est égal aux pertes de carbone organique par la décomposition. On considère généralement que la matière organique du sol est constituée de 58 p. 100 de carbone en masse; les termes carbone organique du sol et matière organique du sol sont donc interchangeables.

La matière organique du sol influence fortement de nombreux aspects de la qualité du sol et est un élément important d'un sol en bonne santé. Elle aide à retenir les particules de sol entre elles et stabilise la structure du sol, ce qui rend ce dernier moins sensible à l'érosion et améliore la capacité du sol de stocker et de laisser s'échapper l'air et l'eau. Une meilleure structure du sol contribue à réduire le compactage du sol et à le maintenir dans un état exploitable. La matière organique du sol stocke et fournit de nombreux éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes et des organismes présents dans le sol. Elle fixe les substances potentiellement toxiques, comme les métaux lourds et les pesticides. Enfin, elle stocke le dioxyde de carbone (un des principaux gaz à effet de serre) capté dans l'atmosphère.

Les pertes de matière organique du sol contribuent à dégrader la structure du sol, à rendre le sol plus vulnérable à l'érosion et à réduire sa fertilité, ce qui se traduit finalement par une réduction du rendement et de la pérennité des ressources du sol.

## ■ L'INDICATEUR

Nous avons mis au point l'Indicateur de changement du carbone organique dans le sol pour déterminer dans quelle mesure les concentrations de carbone organique changent en fonction du temps dans les sols agricoles canadiens. L'indicateur estime le taux de changement du carbone organique dans le sol et les concentrations actuelles de carbone organique dans le sol, compte tenu des effets des pratiques actuelles en matière d'utilisation et de gestion des terres. Le changement du carbone organique dans le sol est un indicateur utile des tendances à long terme de la santé générale du sol. L'indicateur sert également à estimer quelle quantité de dioxyde de carbone est captée dans l'atmosphère par les plantes et stockée (ou séquestrée) sous forme de COS dans les sols agricoles. Ainsi, en plus d'indiquer les changements dans la santé du sol, le changement du COS indique également la réduction potentielle du $CO_2$ atmosphérique qui peut compenser certaines émissions de $CO_2$ provenant de la combustion des combustibles fossiles.

Les résultats de l'indicateur indiquent le pourcentage des terres agricoles totales qui sont classées dans chacune des cinq catégories de changement du COS, en kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$ (kilogramme par hectare par année). Les valeurs négatives représentent une perte de COS et les valeurs positives représentent un gain de COS. Les cinq catégories sont définies de la façon suivante : augmentation importante (gain de plus de 50 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$.), augmentation modérée (10 à 50 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$., changement négligeable à faible (-10 à 10 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$.), réduction modérée (-10 à 50 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$.) et réduction importante (pertes de plus de -50 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$.). Avec une bonne gestion du sol sur une longue période, la matière organique du sol présente peu de changement avec le temps. Par conséquent, l'augmentation du carbone organique dans le sol n'est pas nécessairement préférable à une situation où il n'y a aucun changement. Toutefois, lorsque le sol a subi une dégradation dans le passé, une augmentation importante du COS est nettement souhaitable, car cela indique que le sol se rétablit, que sa santé et sa fonction s'améliorent.

*À l'échelle du Canada, on a observé une évolution importante; en effet, on est passé d'une perte nette de COS durant les années 1980 à une tendance générale à la hausse des taux de COS en 2001.*

Ainsi, les valeurs préférées pour cet indicateur sont : aucune perte de carbone organique du sol dans tous les sols agricoles et accumulation de carbone dans les sols faibles en matière organique.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Le calcul de l'indicateur est basé sur la méthode de Smith et coll. (1997; 2000). Brièvement, l'indicateur fait appel à la version 4 du modèle Century (Parton et coll. 1997; 1988) pour prédire le taux de changement du carbone organique dans les sols agricoles au Canada. Le modèle Century est un outil de simulation informatique qui utilise des relations simplifiées entre les sols, les plantes et le climat pour décrire la dynamique du carbone et de l'azote du sol dans les prairies, les terres agricoles, les forêts et les savanes. Il simule la production de végétaux sur et dans le sol en fonction de la température du sol, de l'eau disponible et des éléments nutritifs disponibles. Ce modèle a fait l'objet d'une évaluation approfondie dans différentes conditions de sols, de climats et de pratiques agricoles comme le semis, l'épandage d'engrais, le travail du sol, le pâturage et l'ajout de matière organique.

Le calcul de l'indicateur exige des données sur plusieurs pratiques de gestion agricole, notamment la rotation des cultures, l'épandage d'engrais et le travail du sol. La plupart des données sur la gestion des terres agricoles, comme le travail du sol et les proportions des cultures, ont été obtenues à partir du Recensement de l'agriculture. Les données sur les sols ont été obtenues du Système d'information sur le sol du Canada (CANSIS) et les données sur le climat, des stations météorologiques situées dans les polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC). Les calculs de l'érosion ont été basés sur l'hypothèse que 15 p. 100 du sol érodé est transporté hors des paysages agricoles par les cours d'eau, sauf dans les Prairies (Alberta, Saskatchewan et Manitoba), où l'on pose comme hypothèse que l'érosion ne fait que redistribuer le sol dans le paysage agricole. Les taux d'érosion proviennent du calcul de l'Indicateur du risque d'érosion hydrique (Shelton et coll. 2000).

Les simulations ont été exécutées sur un échantillon (15 p. 100) des sols agricoles canadiens, lesquels ont été choisis de façon à bien représenter les divers types et textures de sol au Canada. Ils comprennent plusieurs polygones de paysages à l'échelle provinciale. Nous avons déterminé le taux de changement du COS pour les années 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001, à l'aide de la pente d'une régression de 10 ans centrée sur chaque année pour tenir compte des rotations portant sur plusieurs années.

## ■ LIMITES

La méthode de calcul repose sur un échantillonnage des polygones des PPC et sur l'utilisation de scénarios très généralisés des pratiques de gestion passées, actuelles et futures des terres agricoles. Bien qu'un seul taux de changement du COS ait été calculé pour chaque polygone des PPC, il y a des zones au sein de chaque polygone où le COS diminue, reste stable ou augmente à cause des différentes pratiques de gestion au niveau de l'exploitation et des champs. On peut donc douter de la capacité d'un seul taux mesuré dans un polygone des PPC de représenter toute la gamme des changements au sein de ce polygone. L'Indicateur de changement du carbone organique dans le sol n'est donc valable que dans le cadre d'évaluations régionales ou provinciales et non au niveau de l'exploitation agricole.

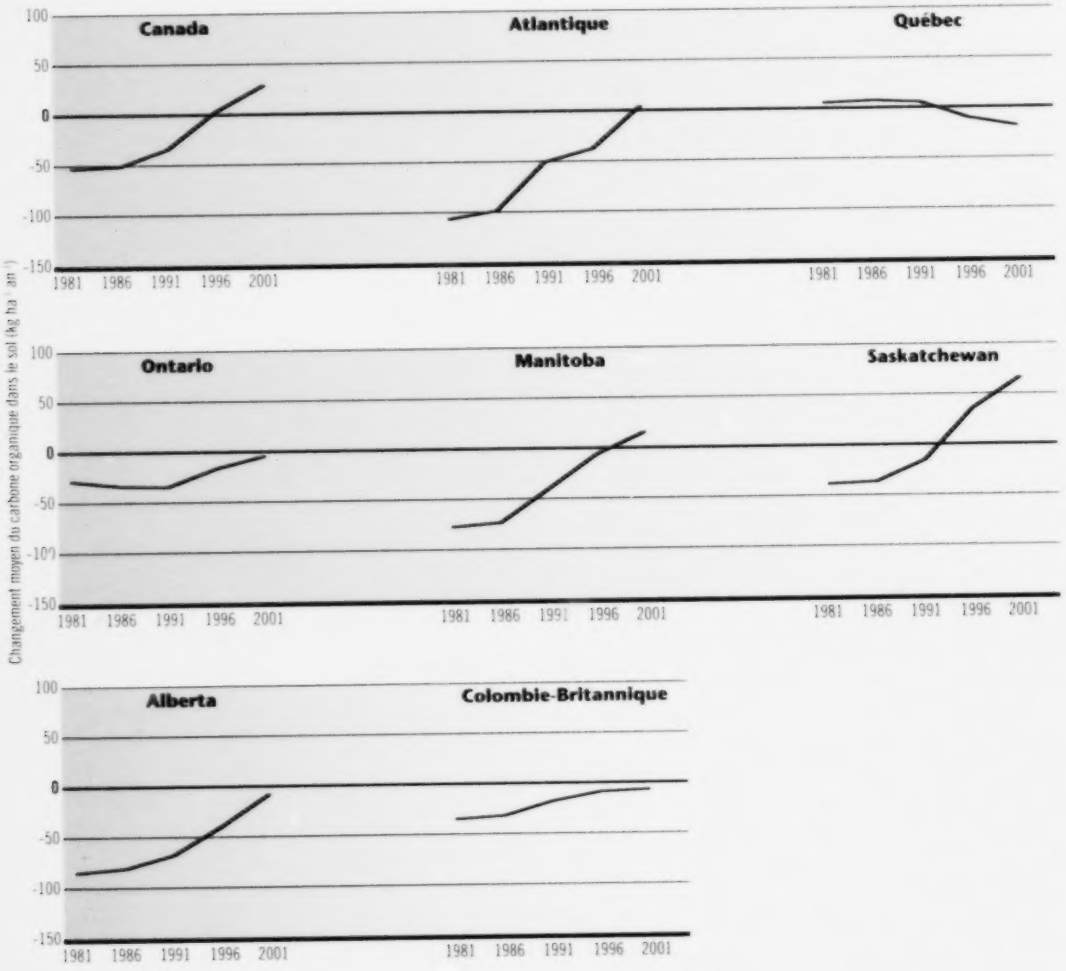
Compte tenu de l'incertitude liée au fonctionnement du modèle Century, nous n'avons pas tenu compte de l'épandage de fumier et de l'irrigation dans les simulations, bien que ces deux paramètres puissent influencer les résultats. Nous n'avons pas tenu compte non plus des pâturages utilisés sur une courte période au cours d'une rotation de cultures, à cause du manque de données nécessaires pour modéliser ce genre de pâturages.

Le modèle Century a été étalonné et validé pour un certain nombre de sites pour lesquels des données expérimentales sur le changement de COS à long terme étaient disponibles, mais il n'a pas été possible de vérifier l'exactitude de tous les résultats de modélisation. De nombreuses associations d'utilisations des terres et de pratiques de gestion qui ont eu cours dans le passé ont un effet sur le COS actuel et sur le taux de changement de ce COS, mais les scénarios généralisés ne les représentent pas de façon adéquate. Plusieurs travaux de recherche sont en cours pour améliorer les méthodes de calcul du changement du carbone dans les sols agricoles, à cause du rôle important que ces sols peuvent jouer dans la captation du $CO_2$ de l'atmosphère.

***Tableau 14-1 : Proportion des terres agricoles dans les différentes catégories de changement de carbone organique du sol (COS), 1981 à 2001***

| | Proportion des terres agricoles dans les différentes catégories de changement de COS (en p. 100) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Province | Augmentation importante (plus de 50 kg ha$^{-1}$ an$^{-1}$) | | | | | Augmentation modérée (10 à 50 kg ha$^{-1}$ an$^{-1}$) | | | | | Changement négligeable à faible (-10 à 10 kg ha$^{-1}$ an$^{-1}$) | | | | | Réduction modérée (-10 à -50 kg ha$^{-1}$ an$^{-1}$) | | | | | Réduction importante (perte de plus de -50 kg ha$^{-1}$ an$^{-1}$) | | | | |
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B. | 7 | 7 | 7 | 11 | 11 | 25 | 25 | 34 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 34 | 34 | 21 | 21 | 18 | 14 | 14 | 20 | 20 | 14 | 14 | 14 |
| Prairies | 6 | 5 | 10 | 28 | 35 | 11 | 13 | 16 | 21 | 23 | 8 | 8 | 11 | 9 | 14 | 20 | 20 | 23 | 18 | 17 | 56 | 54 | 41 | 25 | 12 |
| Alb. | 8 | 7 | 5 | 12 | 11 | 8 | 8 | 10 | 10 | 18 | 5 | 8 | 8 | 7 | 18 | 11 | 8 | 10 | 17 | 23 | 68 | 69 | 67 | 54 | 30 |
| Sask. | 3 | 2 | 11 | 38 | 46 | 14 | 16 | 20 | 26 | 29 | 11 | 10 | 14 | 12 | 13 | 26 | 29 | 33 | 18 | 10 | 47 | 43 | 22 | 6 | 2 |
| Man. | 11 | 9 | 15 | 25 | 44 | 9 | 13 | 13 | 23 | 8 | 3 | 2 | 5 | 3 | 8 | 14 | 13 | 11 | 19 | 28 | 63 | 63 | 56 | 30 | 12 |
| Ont. | 4 | 5 | 2 | 3 | 13 | 13 | 18 | 13 | 3 | 17 | 20 | 14 | 12 | 17 | 12 | 27 | 31 | 47 | 52 | 39 | 36 | 32 | 26 | 25 | 19 |
| Qc | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 18 | 17 | 17 | 0 | 0 | 24 | 24 | 24 | 17 | 17 | 41 | 42 | 42 | 66 | 66 |
| Atlantique | 22 | 22 | 35 | 35 | 43 | 21 | 21 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 23 | 23 | 23 | 36 | 36 | 24 | 24 | 16 |
| **Canada** | **6** | **5** | **9** | **25** | **31** | **12** | **14** | **15** | **18** | **21** | **10** | **9** | **11** | **10** | **13** | **20** | **21** | **25** | **21** | **19** | **53** | **51** | **39** | **26** | **15** |

***Figure 14-1 : Changement moyen du carbone organique dans le sol avec le temps au Canada***




## ■ RÉSULTATS

La figure 14-1 résume les taux moyens de changement du COS. Le tableau 14-1 montre la proportion de terres agricoles au Canada qui sont classées dans les cinq catégories de changement du carbone organique dans le sol.

**Canada :** À l'échelle du Canada, on a observé une évolution importante; en effet, on est passé d'une perte nette de COS durant les années 1980 à une tendance générale à la hausse des taux de COS en 2001. On estime qu'en 1991, la plupart des terres agricoles canadiennes (64 p. 100) se situaient dans la catégorie de réduction modérée du COS ou la catégorie de réduction importante du COS. En 2001, toutefois, la plupart des terres agricoles canadiennes (53 p. 100) étaient classées dans les catégories d'augmentation modérée ou importante. Néanmoins, 34 p. 100 des terres agricoles se situaient encore dans les catégories de réduction modérée ou importante en 2001. Les taux moyens de changement du COS au Canada étaient de -53, -51, -34, 2,4 et 29 kg de carbone par hectare en 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001, respectivement.

**Colombie-Britannique :** Le carbone organique du sol a augmenté dans 38 p. 100 des terres agricoles (modérée : 11 p. 100; importante : 27 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 32 p. 100 des terres agricoles en 1981. Des changements négligeables à faibles ont été observés pour 34 p. 100 des terres agricoles, et une réduction du COS a été observée pour 28 p. 100 d'entre elles (modérée : 14 p. 100; importante : 14 p. 100).

**Alberta :** Le carbone organique du sol a augmenté dans 29 p. 100 des terres agricoles (modérée : 18 p. 100; importante : 11 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 17 p. 100 des terres agricoles en 1981. Des changements négligeables à faibles ont été observés pour 18 p. 100 des terres agricoles, et une réduction du COS a été observée pour 53 p. 100 d'entre elles (modérée : 23 p. 100; importante : 30 p. 100).

**Saskatchewan :** Le carbone organique du sol a augmenté pour 75 p. 100 des terres agricoles (modérée : 29 p. 100; importante : 46 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 17 p. 100 des terres agricoles en 1981. Des changements négligeables à faibles ont été observés pour 13 p. 100 des terres agricoles, et une réduction du COS a été observée pour 12 p. 100 d'entre elles (modérée : 10 p. 100; importante : 2 p. 100).

**Manitoba :** Le carbone organique du sol a présenté une tendance à la hausse pour 52 p. 100 des terres agricoles (modérée : 8 p. 100; importante : 44 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 20 p. 100 des terres agricoles en 1981. Des changements négligeables à faibles ont été observés pour 8 p. 100 des terres agricoles, et une réduction du COS a été observée pour 40 p. 100 d'entre elles (modérée : 28 p. 100; importante : 12 p. 100).

**Ontario:** Le carbone organique du sol a augmenté pour 30 p. 100 des terres agricoles (modérée : 17 p. 100; importante : 13 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 17 p. 100 des terres agricoles en 1981. Des changements négligeables à faibles ont été observés pour 12 p. 100 des terres agricoles, et une réduction du COS a été observée pour 58 p. 100 d'entre elles (modérée : 39 p. 100; importante : 19 p. 100).

**Québec :** Le carbone organique du sol a augmenté pour 17 p. 100 des terres agricoles (modérée : 8 p. 100; importante : 9 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 18 p. 100 des terres agricoles en 1981. Aucun changement négligeable ou faible n'a été observé, et une réduction du COS a été observée pour 83 p. 100 d'entre elles (modérée : 17 p. 100; importante : 66 p. 100).

**Provinces de l'Atlantique :** Le carbone organique du sol a augmenté pour 53 p. 100 des terres agricoles (modérée : 10 p. 100; importante : 43 p. 100) en 2001. Ces valeurs se comparent à une augmentation du taux de COS pour 43 p. 100 des terres agricoles en 1981. Des changements négligeables à faibles ont été observés pour 8 p. 100 des terres agricoles, et une réduction du COS a été observée pour 39 p. 100 d'entre elles (modérée : 23 p. 100; importante : 16 p. 100).

## ■ INTERPRÉTATION

**Canada :** L'Indicateur de changement du carbone organique dans le sol montre clairement les effets bénéfiques qu'ont eus les améliorations apportées à la gestion des exploitations agricoles sur les sols agricoles au Canada au cours des quelque 15 dernières années. La tendance générale à la hausse du carbone organique dans le sol depuis 1986 peut être attribuée à trois changements importants dans la gestion des terres agricoles : une réduction de l'intensité du travail du sol (notamment l'augmentation du semis direct) dans toutes les provinces, une réduction des superficies en jachère dans les Prairies et une augmentation des cultures de foin et de fourrages dans la plupart des provinces.

L'indicateur ne permet pas d'obtenir un tableau exact et complet des changements du COS qu'il serait nécessaire d'avoir pour effectuer une évaluation précise de la façon dont les terres agricoles canadiennes influencent le bilan du $CO_2$ atmosphérique. Néanmoins, l'indicateur témoigne que les terres agricoles canadiennes, qui étaient une source nette de 5,1 Mt de $CO_2$ par année en 1991, sont devenues un puits net de 4,4 Mt de $CO_2$ par année en 2001. L'adoption de meilleures pratiques de gestion des terres agricoles constitue donc un avantage additionnel pour l'environnement.

## Ouest du Canada

**Prairies :** La situation générale dans les Prairies résulte de pratiques passées, comme les grandes superficies en jachère, le travail intensif du sol et les faibles superficies en foin et en cultures fourragères, qui se sont soldées par une dégradation significative de la matière organique du sol. Les deux objectifs en ce qui concerne le changement du carbone organique dans le sol devraient être : stopper la perte de carbone organique dans le sol, notamment là où la dégradation est importante, et atteindre des changements du carbone organique dans le sol correspondant aux catégories d'augmentation modérée ou importante et susceptibles de renverser la vapeur.

Des changements récents au niveau de la gestion des terres agricoles, notamment l'adoption du travail réduit du sol (Alb : 36 p. 100; Sask. : 29 p. 100; Man. : 33 p. 100) ou du semis direct (Alb : 27 p. 100; Sask. : 39 p. 100; Man. : 13 p. 100), la réduction des superficies en jachère (p. ex., entre 1991 et 2001, les superficies de terres agricoles en jachère ont été réduites de 16 à 11 p. 100 en Alberta, de 30 à 17 p. 100 en Saskatchewan et de 6 à 5 p. 100 au Manitoba), et l'augmentation des cultures de foin et de fourrages (p. ex., entre 1991 et 2001, les superficies plantées en ces cultures ont augmenté de 16 à 24 p. 100 en Alberta, de 5 à 9 p. 100 en Saskatchewan et de 14 à 19 p. 100 au Manitoba) ont stoppé les pertes de carbone organique dans le sol ou ont été responsables de gains à ce niveau. L'indicateur de changement du carbone organique dans le sol a révélé un changement important dans les provinces des Prairies entre 1991 et 2001; en effet, ces provinces qui affichaient des pertes nettes de COS au début ont affiché peu à peu des gains nets au cours de cette période. Relativement peu de terres ont été classées dans les catégories de « changement négligeable à faible ». Toutefois, les gains de carbone organique dans le sol des Prairies ne se poursuivront pas indéfiniment. On prévoit que dans dix à vingt ans, les gains diminueront à mesure que de plus en plus de sols agricoles atteindront un nouvel équilibre du taux de COS.

**Colombie-Britannique :** Comme les Prairies, la Colombie-Britannique a augmenté sa superficie d'ensemencement en cultures fourragères (p. ex., de 53 à 67 p. 100 des terres agricoles entre 1991 et 2001) et a réduit sa superficie en jachère (de 9 p. 100 en 1991 à 6 p. 100 en 2001). Bien que le taux d'adoption du travail réduit du sol ait été moindre que dans les Prairies, la proportion de terres qui ont fait l'objet d'un travail réduit du sol ou d'un semis direct est passée de 17 p. 100 en 1991 à 36 p. 100 en 2001. Parallèlement à ces changements dans les pratiques de gestion du sol, on a observé des pertes modérées de COS en 1991 et dans les années précédentes et un changement peu important en 2001.

## Est du Canada

Dans l'ensemble, on a observé une dégradation moins importante du COS dans les provinces de l'Est du Canada que dans les provinces de l'Ouest, car dans l'Est, on consacre une plus grande superficie des terres agricoles à la production de foin et on ne fait pas appel à la jachère. Par conséquent, on ne s'attend pas en général à une augmentation importante du COS dans l'Est, sauf dans les terres qui ont subi d'importantes pertes de COS par suite d'une érosion excessive. Les trois objectifs de l'Est du Canada sont donc les suivants : stopper les pertes de COS, notamment là où le taux de perte est important, augmenter le COS là où les pertes ont été importantes et maintenir les concentrations de COS.

On prévoit que le tiers (33 p. 100) des terres agricoles dans les provinces de l'Est connaîtront une réduction importante du COS. Ce problème provient principalement des pertes de COS dues à une érosion excessive des terres agricoles plantées en cultures annuelles. On recommande de prendre des mesures pour stopper l'érosion excessive de façon à maintenir et à améliorer la santé et la fonction du sol.

Le Québec est la seule province où l'on a constaté un profil contraire à la tendance nationale. On y a observé une augmentation modérée du COS durant les années 1980, puis une réduction modérée par la suite. Parmi les provinces de l'Est, le Québec à lui seul a affiché une réduction significative de la superficie totale plantée en foin et en cultures fourragères au cours des dernières années (de 0,87 Mha en 1991 à 0,78 Mha en 2001). En comparaison, la superficie totale des terres agricoles plantées en foin et en cultures fourragères est restée relativement constante en Ontario (environ 1 Mha) et a augmenté dans les provinces de l'Atlantique (de 0,19 Mha en 1991 à 0,22 Mha en 2001). En outre, on a adopté relativement peu de pratiques de travail réduit du sol de nature à accroître le COS (77 p. 100 des terres agricoles sont ensemencées avec incorporation des résidus de culture de l'année précédente, une pratique exigeant un travail

intensif du sol, comparativement à 52 p. 100 en Ontario). Bien que la tendance à la baisse du COS soit inquiétante, le taux moyen de changement du COS au Québec en 2001 ne diffère pas énormément de celui enregistré pour le reste de l'Est du Canada (Ont. : -4 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$; Qc : -18 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$; Atlantique : 3 kg $ha^{-1}$ $an^{-1}$).

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Le maintien du COS exige l'ajout de quantités suffisantes de résidus organiques pour compenser les pertes de carbone subies à cause de la décomposition et de l'érosion. Il est essentiel de réduire l'érosion du sol pour maintenir ou augmenter le COS. Pour contribuer à réduire l'érosion du sol, il faut adopter des pratiques comme la réduction du travail du sol, la plantation de cultures de couverture, la culture en bandes, le travail du sol suivant les courbes de niveau, l'utilisation de voies d'eau gazonnées, l'installation de dispositifs de régularisation des eaux, ainsi que la réduction de la superficie des terres en jachère.

Pour accroître les résidus organiques, il faut enlever le moins possible de résidus de culture et s'abstenir de les brûler, épandre du fumier ou du compost sur les sols (notamment les sols qui ont subi une dégradation du COS), réduire la superficie des terres en jachère, fertiliser adéquatement les cultures, adopter un programme d'irrigation adéquat, faire suivre en rotation des cultures qui produisent peu de résidus, comme la pomme de terre, par des cultures qui en produisent beaucoup, comme les céréales, planter des cultures de couverture ou des cultures d'engrais vert et maintenir de bonnes conditions de parcours et de pâturage. On peut également réduire la décomposition du COS en réduisant le travail du sol, en plantant des cultures vivaces et en réduisant les superficies en jachère.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Parton, W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole et D.S. Ojima, 1987. *Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands*. Soil Science Society of America Journal. 51 : 173-1179.

Parton, W.J., J.W.B. Stewart et C.V. Cole, 1988. *Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model*. Biogeochemistry. 5 : 109-131.

Shelton, I.J., G.J. Wall, J.-M. Cossette, R. Eilers, B. Grant, D. King, G. Padbury, H. Rees, J. Tajek et L. van Vliet, 2000. « Risque d'érosion hydrique ». Pages 59-67 dans *L'agriculture écologiquement durable au Canada: Rapport sur le projet des indicateurs agroenvironnementaux*, édité par T. McRae, C.A.S. Smith et L.J. Gregorich. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa

Smith, W.N., P. Rochette, C. Monreal, R.L. Desjardins, E. Pattey et A. Jaques, 1997. *The Rate of Carbon Change in Agricultural Soils in Canada at the Landscape Level*. Revue canadienne de la science des sols. 77 (2) : 219-229.

Smith, W.N., G. Wall, R.L. Desjardins et B. Grant, 2000. « Le carbone organique du sol » Pages 85-92 dans *L'agriculture écologiquement durable au Canada: Rapport sur le projet des indicateurs agroenvironnementaux*, édité par T. McRae, C.A.S. Smith et L.J. Gregorich. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa

Smith, W.N., R.L. Desjardins et E. Pattey, 2000. *The Net Flux of Carbon From Agricultural Soils in Canada 1970–2010*. Global Change Biology. 6 (5) : 557-568.

# 15. Salinité du sol

**AUTEURS :**
B.H. Wiebe, R.G. Eilers, W.D. Eilers et J.A. Brierley

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Risque de salinisation du sol

**PORTÉE :**
Échelle provinciale (Alb., Sask., Man.), 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*À très faible concentration, certains sels présents à l'état naturel dans le sol sont absorbés comme éléments nutritifs par les végétaux. Cependant, à des concentrations plus élevées, les sels solubles peuvent empêcher les racines d'absorber l'eau et les éléments nutritifs et, ainsi, restreindre la croissance des plantes cultivées, d'où un rendement plus faible. Certaines pratiques d'utilisation des terres contribuent considérablement à la salinisation du sol en modifiant l'abondance et l'écoulement de l'eau et des sels dans la rhizosphère. En général, le recours à la jachère augmente la teneur en eau de la rhizosphère, ce qui peut entraîner une élévation de la nappe phréatique et une augmentation de la concentration des sels solubles à la surface du sol ou à proximité. Par contre, la conservation de terres sous* couverture végétale permanente *et en culture continue sont deux pratiques qui facilitent l'utilisation de l'eau de la rhizosphère, abaissent la nappe phréatique et réduisent le risque de salinisation. On a mis au point l'Indicateur du risque de salinisation du sol (IRSS) pour évaluer les variations du risque de salinisation du sol dans les terres arides des Prairies en fonction du changement de l'utilisation des terres et des pratiques de gestion qui influent sur l'abondance et le déplacement de l'eau et des sels dans la rhizosphère.*

*En 2001, près de 12 p. 100 des terres des zones agricoles des Prairies (8 millions d'hectares) étaient classées dans une catégorie de risque de salinisation modéré, élevé ou très élevé, ce qui représente une amélioration importante par rapport à la situation en 1981 (18 p. 100). La diminution observée dans les catégories de risque plus élevé est contrebalancée par une augmentation dans la proportion des terres présentant un risque très faible de salinisation, une proportion qui est passée de 62 p. 100 à 70 p. 100 au cours de la période de 20 ans visée par l'étude. Cette amélioration peut être attribuée en grande partie à la réduction de la superficie en jachère, qui est passée, de 1981 à 2001, de 9,5 millions à 4,6 millions d'hectares, à mesure que les producteurs s'orientaient vers la culture continue. La superficie conservée sous une couverture végétale permanente a également augmenté, mais ce changement a été moins marqué, et son effet a été moins important sur le risque de salinisation du sol. Bien que le problème soit loin d'être éliminé, la tendance est à l'amélioration de la santé du sol et de la durabilité agroenvironnementale, ce qu'on attribue aux pratiques, programmes et politiques actuels en matière d'utilisation et de gestion des terres.*

## ■ L'ENJEU

Un grand nombre de sols des prairies contiennent des concentrations élevées à l'état naturel de sels hydrosolubles, dont les sulfates de sodium, de calcium et de magnésium. À très faible concentration, certains de ces sels sont utilisés comme éléments nutritifs par les végétaux. Cependant, comme les sels solubles s'accumulent dans la rhizosphère pendant le processus naturel de salinisation du sol, ils peuvent avoir des effets défavorables sur la croissance des végétaux. L'effet de la salinisation sur les végétaux est semblable à celui de la sécheresse : à mesure que la concentration des sels dissous augmente, la capacité des racines d'absorber à la fois l'eau et les éléments nutritifs diminue. À des concentrations élevées de sels, la croissance normale des plantes cultivées est limitée et le rendement des cultures est réduit. Par exemple, une salinité modérée à élevée peut réduire d'au moins 50 p. 100 le rendement de la plupart des céréales et des oléagineux. Dans des cas isolés, selon le type de sels présents, la toxicité peut être attribuable au bore, au sodium ou au chlorure.

La salinisation du sol débute lorsque, dans une partie du paysage, l'eau provenant de précipitations excédentaires descend sous la rhizosphère, entraînant les sels dissous jusqu'à la nappe phréatique. Ces sels dissous sont ensuite emportés par l'écoulement souterrain vers les terres basses, où la nappe phréatique est généralement plus près de la surface du sol. Le processus s'achève en ces lieux lorsque l'eau s'évapore, laissant des sels qui s'accumulent à la surface du sol ou à proximité, formant dans le profil pédologique des croûtes blanches ou des précipités cristallins.

Bien qu'un déficit hydrique soit le principal facteur nécessaire à la salinisation, plusieurs autres facteurs contribuent à la régulation du processus, la plupart hors du contrôle humain : la topographie, la teneur en sels propre à la roche-mère, la géologie et l'hydrologie des couches sous-jacentes. Les pratiques d'utilisation des terres peuvent également avoir un effet important sur l'hydrologie locale, soit en aggravant, soit en atténuant le processus de salinisation du sol. Un excellent exemple est le recours à la jachère : cette pratique consiste à laisser des terres sans culture active en saison de croissance. L'absence de couverture végétale permet au sol d'emmagasiner une plus grande quantité de précipitations, ce qui cause parfois l'élévation de la nappe phréatique. Conserver une terre agricole sous une couverture végétale permanente ou en culture continue sont des pratiques qui contribuent à empêcher la redistribution de l'eau excédentaire du sol dans le paysage, puisque la couverture végétale ou les cultures absorbent plus d'eau au point où celle-ci pénètre dans le sol, réduisant ainsi le risque de salinisation dans d'autres zones.

## ■ L'INDICATEUR

On a mis au point l'Indicateur du risque de salinisation du sol pour évaluer et suivre les variations du risque de salinisation du sol dans les Prairies en rapport avec les changements d'utilisation des terres et de pratiques de gestion. Cet indicateur n'est pas une mesure de la superficie réelle des terres salines ni de la superficie où le degré ou l'étendue de la salinité a augmenté. Il permet plutôt d'évaluer le risque d'une augmentation de la salinité du sol liée aux caractéristiques d'utilisation des terres agricoles du moment. Par conséquent, cet indicateur sert à déterminer si l'industrie agricole atteint ses objectifs en matière d'agriculture durable, plus particulièrement en ce qui concerne l'impact à long terme sur la qualité des sols agricoles et des sols adjacents à vocation non agricole.

Les résultats de l'indicateur sont exprimés par cinq catégories de risque de dégradation possible de la qualité du sol : risque très faible (le risque est négligeable); faible (le risque est acceptable); modéré (il est important de connaître la situation); élevé (une appréhension élevée est justifiée); et très élevé (une attention immédiate est probablement nécessaire). On a déterminé les limites des catégories en envisageant d'abord le meilleur et le pire des scénarios et en subdivisant le continuum pour illustrer les degrés relatifs d'utilisation des terres et d'effets de gestion. Les catégories de la carte reposent sur la valeur pondérée du risque moyen pour un territoire donné (polygone) si bien que les portions les plus sensibles sont plus à risque, et les autres, moins à risque que ne l'indique la catégorie de risque moyenne. L'objectif de performance pour cet indicateur est l'augmentation de la portion des terres classées dans les catégories de risque très faible et faible.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

On établit l'Indicateur du risque de salinisation du sol (IRSS) en calculant l'indice de risque de salinité (IRS; Eilers et coll. 1997). Cet indice sert à classer les territoires en fonction du risque relatif qu'ils deviennent plus salins dans le cadre d'un programme de gestion donné. Dans le calcul, on considère les facteurs suivants :

- L'état de la salinité du sol dans le paysage, qu'on détermine d'après la nouvelle carte de salinité du sol illustrant la présence et l'étendue de la salinité dans les zones agricoles des Prairies canadiennes; cette carte résulte de la compilation d'informations récentes tirées des bases de données numériques détaillées de chaque province, de relevés de salinité et de rapports pédologiques publiés ainsi que fournis par les experts provinciaux.

- Les données relatives à la topographie et au drainage des sols, qui proviennent de la table des composantes des polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC; version 3.0) pour chaque province.

- Les déficits hydriques d'origine climatique en saison de croissance (de mai jusqu'en août), qui sont calculés à partir des valeurs de précipitations et d'*évapotranspiration* potentielle dans les *écodistricts* obtenues à l'aide des normales climatologiques pour une période de 30 ans, soit de 1961 à 1990 (Agriculture et Agroalimentaire Canada 1997).

- Les données relatives à l'utilisation des terres, qui proviennent du *Recensement de l'agriculture* des années de recensement 1981, 1986, 1991, 1996 et 2001.

Pour isoler l'effet des changements d'utilisation des terres, tels que décrits avec les données du Recensement de l'agriculture, sur le risque de salinisation des terres, on a maintenu constants les trois premiers facteurs pendant la période visée par l'analyse. On a considéré les terres laissées en jachère comme présentant le risque le plus élevé; on a associé les terres conservées sous une couverture végétale permanente au risque le plus faible; on a estimé que les terres vouées à la culture de plantes annuelles présentaient un risque intermédiaire. Aux fins de la présente analyse, on a inclus la superficie consacrée à la « culture du foin et des fourrages » dans celle conservée sous une couverture végétale permanente, parce que le recensement ne fait pas de distinction entre les plantes fourragères annuelles et vivaces (autres que la luzerne et le maïs à ensilage).

Un comité d'experts sur la salinité des terres des Prairies a fixé une valeur de pondération pour chaque facteur utilisé dans le calcul de l'IRS en fonction de l'effet présumé de ces facteurs sur la salinisation du sol. La pondération du facteur « utilisation des terres » a été établie à partir du pourcentage de terres sous couverture végétale permanente dans chaque polygone des PPC, en combinaison avec la proportion des terres affectées aux cultures annuelles qui sont laissées en jachère. L'IRS est le résultat, sans unité, de la multiplication des valeurs de chaque facteur pour chacune des composantes du sol. Les valeurs des composantes d'un polygone ont ensuite été pondérées d'après la superficie, ce qui donne la valeur d'IRS pour le polygone en question. Pour l'indicateur du RSS, on a réparti les valeurs d'IRS dans cinq catégories de risque qu'on a représentées sur une carte pour illustrer, dans l'espace, la variation du risque d'une année de recensement à l'autre.

## ■ LIMITES

On a mis au point cet indicateur pour évaluer le risque de salinisation des régions non irriguées (en culture sèche) et non des terres irriguées. Durant l'irrigation, l'hydrologie locale et le déficit hydrique sont modifiés et des sels sont entraînés dans l'eau d'irrigation; ces phénomènes pouvant varier d'un champ à l'autre, l'effet de l'irrigation ne peut être convenablement analysé à l'échelle supérieure de l'indicateur. L'utilisation des terres non agricoles (ex. routes, fossés, couloirs de circulation) influe sur l'écoulement des eaux de surface et des eaux souterraines et, par conséquent, peut agir sur la salinisation du sol. Cette utilisation n'est pas non plus réellement représentée dans cette étude de grande envergure.

L'une des autres limites de cette analyse est qu'elle ne donne qu'un instantané des conditions signalées chaque année de recensement et peut ne pas toujours bien rendre compte des tendances et fluctuations annuelles. Dans la présente analyse, on a utilisé les moyennes climatologiques à long terme en vue d'isoler l'effet de l'utilisation des terres agricoles. La variabilité annuelle des déficits hydriques peut avoir un effet important sur le risque de salinisation, mais ce facteur sera traité dans une étude future. Les écoulements souterrains régionaux peuvent également avoir un effet important sur la salinisation du sol, mais ils ne sont visés qu'indirectement dans le calcul de l'indicateur, par le facteur rendant compte de la présence de sels et de l'étendue réelle de la salinisation.

On poursuit les travaux en vue de développer davantage l'Indicateur du risque de salinisation du sol et de le perfectionner. On utilisera les données issues de la surveillance de sites de référence sur la salinité à long terme pour la modélisation des composantes qui régulent la salinisation et pour les analyses de sensibilité. On mettra l'accent sur l'évaluation approfondie de la pondération des facteurs et sur la validation des limites des catégories de risque. Certaines pratiques d'utilisation des terres peuvent entraîner une baisse du risque de salinité, mais l'augmentation de la diversité des cultures peut annoncer une tendance vers une sensibilité accrue ou un seuil de salinité plus bas pour une croissance optimale. Cependant, il pourrait être nécessaire de se préoccuper des sols dont la salinité est faible et non seulement de ceux dont la salinité est modérée à élevée.

## ■ RÉSULTATS

Dans la figure 15-1, on présente le risque de salinisation du sol en fonction des pratiques d'utilisation des terres en 2001. Le contour concorde généralement avec les limites des zones de sols, les catégories de risque plus faible correspondant à la zone des sols noirs, plus humide. Le Manitoba fait exception, car l'absence de relief et le moins bon drainage dans les pédo-paysages du centre-sud font que la province se place nécessairement dans une catégorie de risque de salinisation plus élevé.

Les proportions réelles des terres dans chacune des cinq catégories de risque, de 1981 à 2001, sont présentées dans le tableau 15-1. De 1981 à 2001, la proportion des terres dont le risque de salinisation était de modéré à très élevé a diminué dans l'ensemble des Prairies. On a observé la plus grande diminution dans la catégorie de risque modéré, la proportion passant de 12 p. 100 à 7 p. 100. Comme on pouvait s'y attendre, cette tendance a donné lieu à une augmentation de la proportion dans la catégorie de risque très faible, la proportion y étant passée de 62 p. 100 à 70 p. 100.

**Alberta :** L'indicateur du RSS a révélé un profil semblable à celui de l'ensemble des Prairies, avec une augmentation de 5 p. 100 de la proportion dans la catégorie de risque très faible. On note une diminution de la superficie dans toutes les autres catégories, mais les principaux changements étaient une diminution de 2 p. 100 dans la catégorie de risque faible et de près de 2 p. 100 dans la catégorie de risque modéré. Des trois provinces des Prairies, l'Alberta est celle qui avait la plus grande superficie de terres dans la catégorie de risque très faible.

**Saskatchewan :** L'indicateur a révélé la plus grande amélioration pour cette province : la proportion des terres dans la catégorie de risque très faible a augmenté de 13 p. 100, s'élevant à 58 p. 100. Cette amélioration est liée principalement à la catégorie de risque modéré, dont la proportion a descendu, passant de 17 p. 100 à 8 p. 100, de 1981 à 2001. On a également constaté une diminution dans les catégories de risque très élevé et de risque faible.

**Manitoba :** De 1981 à 2001, l'indicateur a révélé une amélioration dans toutes les catégories, dont la plus notable est une augmentation de la proportion des terres classées dans la catégorie de risque très faible (de 59 p. 100 à 65 p. 100) et une diminution de la proportion des terres classées dans la catégorie de risque très élevé (de 4 p. 100 à 1 p. 100). À la différence des autres provinces, où les changements ont été relativement graduels pendant toute la période visée, la plupart des variations sont apparues avant 1991 au Manitoba.

## ■ INTERPRÉTATION

À l'aide de l'indicateur du RSS, l'ensemble de l'analyse a révélé une tendance à la baisse en ce qui touche le risque de salinisation du sol, tendance résultant de changements dans l'utilisation des terres dans le temps (en acceptant l'hypothèse que toutes les autres variables étaient constantes pendant toute la période visée par l'étude).

*De 1981 à 2001, la proportion des terres dont le risque de salinisation était de modéré à très élevé a diminué dans l'ensemble des Prairies.*

De 1981 à 2001, dans l'ensemble des Prairies, l'augmentation de la proportion des terres dans la catégorie de risque très faible peut en grande partie être attribuée à la diminution régulière de la superficie en jachère dans le même intervalle de temps (voir le chapitre 6). En outre, la superficie des terres sous couverture végétale permanente, une pratique qui peut abaisser de façon importante le risque de salinisation du sol, a fluctué quelque peu pendant ces années et a présenté une petite augmentation totale nette de 1,7 million d'hectares.

***Tableau 15-1 : Proportion des terres agricoles et des terres adjacentes non agricoles dans les diverses catégories de risque de salinisation du sol, 1981 à 2001***

Proportion des terres dans les diverses catégories de risque (%)

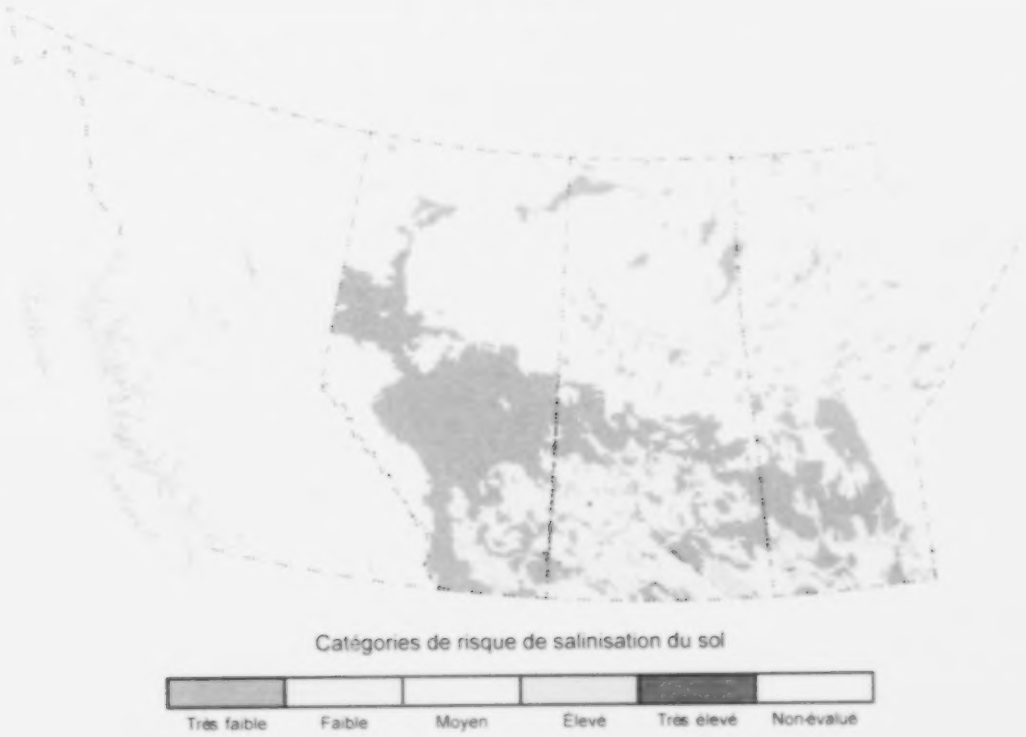
| | Risque très faible | | | | | Risque faible | | | | | Risque modéré | | | | | Risque élevé | | | | | Risque très élevé | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| Alb. | 81 | 80 | 82 | 85 | 86 | 12 | 13 | 12 | 10 | 10 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Sask. | 45 | 49 | 48 | 53 | 58 | 30 | 28 | 29 | 28 | 28 | 17 | 16 | 15 | 12 | 8 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Man. | 59 | 60 | 66 | 63 | 65 | 13 | 11 | 10 | 12 | 12 | 18 | 18 | 17 | 18 | 17 | 7 | 9 | 6 | 6 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| **Prairies** | **62** | **63** | **64** | **68** | **70** | **20** | **19** | **19** | **18** | **18** | **12** | **12** | **11** | **9** | **7** | **3** | **3** | **3** | **2** | **2** | **4** | **3** | **3** | **3** | **2** |

**Alberta :** De 1981 à 2001, la diminution du risque dans une grande partie de la zone agricole a concordé avec la diminution régulière de la superficie des terres en jachère, à mesure que les producteurs se sont orientés vers la culture continue, même dans la zone des sols bruns. Les changements dans la superficie des terres sous couverture végétale permanente n'ont pas eu d'effet observable sur le risque de salinisation, sauf pour quelques régions du sud et de l'est de la province, où la situation s'est améliorée en raison à la fois de la diminution de la superficie en jachère et de l'augmentation de la superficie sous couverture végétale permanente.

**Saskatchewan :** La diminution régulière du risque de salinisation observée en Saskatchewan est allée de pair avec une tendance analogue du recours à la jachère. La superficie en jachère a diminué dans presque toutes les zones agricoles de la province, à l'exception de certaines régions de l'ouest et du sud-ouest.

**Manitoba :** Une diminution du risque de salinisation a également été constatée au Manitoba, mais elle suit un profil différent de ce qui s'observe dans les deux autres provinces des Prairies. Dans chaque catégorie de risque, la superficie est demeurée relativement constante d'une année de recensement à l'autre, à l'exception d'une diminution importante du risque, de 1986 à 1991, coïncidant avec une réduction de 40 p. 100 de la superficie en jachère. Malgré plusieurs années plus sèches que la normale, les réductions de la superficie en jachère de 1986 à 1991 dénotaient apparemment la perpétuation d'une tendance antérieure qui était probablement mue par une augmentation du prix du blé, celui-ci ayant plus que triplé de 1971 à 1981 (Manitoba 2004). Bien que la superficie sous couverture végétale permanente ait effectivement augmenté dans toute la province, surtout de 1996 à 2001, ce changement n'a pas été accompagné par une diminution semblable du risque de salinisation. L'utilisation des terres dans la région centre-sud de la province présentait peu de changements, d'où le peu de variation du risque de salinisation.

***Figure 15-1 : Risque de salinisation du sol dans les terres cultivées des Prairies, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***



## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les pratiques de gestion avantageuses que les producteurs peuvent utiliser pour réduire le risque de salinisation des terres non irriguées sont axées sur la gestion des sols et des eaux. La majorité de ces pratiques comportent des changements d'utilisation des terres destinés à augmenter l'utilisation des précipitations là où elles tombent et, par conséquent, à réduire le déplacement de l'eau excédentaire (et le lessivage des sels) depuis la surface du sol jusqu'à la nappe phréatique. Là où la nappe phréatique atteint déjà une hauteur préoccupante, l'augmentation de l'extraction d'eau du sous-sol par l'utilisation de végétaux à racines profondes tend à réduire l'évaporation d'eau en surface et, par conséquent, la salinisation. Les pratiques de gestion des sols et des eaux qui contribuent à réduire le risque de salinisation des terres non irriguées comprennent la réduction de la superficie en jachère, l'augmentation de la superficie consacrée au pâturage et à la culture de *plantes fourragères vivaces* et d'arbres, l'augmentation de la superficie des terres où le travail du sol est réduit ou nul, l'utilisation de plantes tolérant mieux le sel dans les cultures en rotation dans les régions à sol salin, la plantation de plantes vivaces à racines profondes aux endroits où une humidité excédentaire entraîne la salinisation, l'utilisation plus efficace des intrants comme les engrais minéraux et le fumier, un drainage de surface adéquat, l'installation de bandes interceptrices de cultures fourragères ou d'un système de drainage souterrain (plastique) aux endroits stratégiques, une gestion de la neige empêchant la formation d'épais amoncellements, ceux-ci pouvant causer une humidité excédentaire localisée, l'utilisation de nouvelles technologies comme l'agriculture de précision, et la surveillance du niveau de la nappe phréatique dans les régions vulnérables comme outil de sélection des cultures pour la rotation.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1997. *Normales climatologiques des écodistricts canadiens 1961-1990*. http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/district/climate.html

Eilers, R.G., W.D. Eilers et M.M. Fitzgerald, 1997. *A Salinity Risk Index for Soils of the Canadian Prairies*. Hydrogeology Journal. 5 (1) : 68-79.

Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, 2004. *Manitoba Agriculture Yearbook 2002, 39th ed.* Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, Program and Policy Analysis Branch, Winnipeg (Man.).

# 16. Éléments traces

**AUTEURS :**
C.A. Grant, S.C. Sheppard, M.I. Sheppard et J.C. Tait

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Risque de contamination des sols par les éléments traces

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Certains des éléments traces présents à l'état naturel dans le sol peuvent, dans certaines conditions et sous l'effet de certaines activités, atteindre des concentrations susceptibles de nuire à la qualité ou à la productivité des plantes cultivées ou encore à la santé humaine. Dans le cas des terres agricoles, la situation peut être aggravée par différents apports exogènes (engrais, fumier, eau d'irrigation). On travaille à l'élaboration d'un indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces pour arriver à mieux comprendre comment les pratiques agricoles peuvent influer sur la concentration des éléments traces dans le sol et en modifier la* biodisponibilité. *Cet indicateur se présentera probablement sous la forme d'un bilan des éléments du sol, les apports et les pertes étant ajustés au moyen d'un ensemble de paramètres influant sur la disponibilité des éléments traces (solubilité de la source de l'apport, facteurs reliés aux propriétés du sol, paramètres culturaux). Les producteurs peuvent recourir à diverses pratiques culturales pour réduire le risque de contamination et améliorer la performance environnementale de leur exploitation en relation avec l'indicateur des éléments en traces : il s'agit essentiellement de limiter les apports, d'accroître les quantités éliminées (du sol) et de réduire la biodisponibilité.*

## ■ L'ENJEU

On peut diviser les éléments traces en deux groupes : ceux qui sont essentiels à la croissance des plantes, et ceux qui ne le sont pas. Les éléments de chacun des deux groupes peuvent être répartis par catégories de risque, en fonction de la possibilité qu'ils atteignent, par suite d'activités agricoles, des concentrations susceptibles d'avoir des effets nuisibles (voir le tableau 16-1). Un risque élevé signifie qu'il y a une possibilité supérieure que la concentration finisse par dépasser le niveau acceptable. L'étude présentée ici portera d'abord sur les éléments traces des catégories de risque élevé.

Bon nombre d'éléments traces sont présents à l'état naturel dans le sol à des concentrations variées; toutes les terres du Canada reçoivent sans cesse des éléments traces avec le dépôt des poussières et le transport atmosphérique (contamination industrielle). Dans le cas des terres agricoles, toutefois, d'autres apports peuvent s'ajouter avec les engrais, le fumier ou les *biosolides* (p. ex., les boues des installations d'épuration municipales) et l'eau d'irrigation. Lorsqu'ils sont présents en quantités suffisantes dans le sol, certains éléments traces peuvent réduire la qualité et la productivité des plantes cultivées, et même, en remontant la chaîne alimentaire, avoir des effets sur la santé des animaux d'élevage et chez l'humain. Il est donc important d'estimer le risque d'impacts à court et à long terme que peuvent présenter les faibles quantités d'éléments traces couramment utilisées dans les systèmes agricoles et de comprendre comment les pratiques agricoles peuvent influer sur la concentration des éléments traces et modifier leur biodisponibilité.

Des politiques ont été mises en œuvre pour réglementer la teneur en éléments traces des engrais, des biosolides et des effluents des usines d'épuration municipales qui sont utilisés en agriculture. Au Canada, la majeure partie des sols agricoles n'ont pas été enrichis en éléments traces dans une mesure significative par suite d'activités *anthropiques* (humaines). Cet état de choses pourrait toutefois changer avec l'augmentation des productions animales, de la fertilisation à l'engrais et des épandages de biosolides et d'effluents sur les terres agricoles.

***Tableau 16-1 : Éléments traces sélectionnés et leur potentiel d'accumulation excessive par suite d'activités agricoles***

| | Catégorie de risque | | |
|---|---|---|---|
| | **Risque faible** | **Risque moyen** | **Risque élevé** |
| **Éléments traces essentiels** | Fer<br>Manganèse<br>Nickel | Cuivre | Sélénium<br>Bore |
| **Éléments traces non essentiels** | Chrome | Arsenic | Cadmium<br>Mercure<br>Plomb<br>Thallium |

## ■ L'INDICATEUR

On élabore actuellement un indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces pour être à même d'estimer l'accumulation des éléments traces dans les sols agricoles. Entre autres, cet indicateur permettra :

- d'estimer les apports dans toutes les grandes ressources agricoles du Canada;
- de rendre compte des mesures de gestion mises en œuvre pour limiter les apports;
- de prendre en compte les seuils de toxicité ou d'effets nuisibles pour la santé;
- de prendre en compte les effets cumulatifs des contaminants multiples;
- de rendre compte des différentes conditions du sol qui influent sur la biodisponibilité des éléments traces;
- de prendre en compte toutes les conditions climatiques canadiennes.

*Lorsqu'ils sont présents en quantités suffisantes dans le sol, certains éléments traces peuvent réduire la qualité et la productivité des plantes cultivées, et même, remonter la chaîne alimentaire.*

L'indicateur permettra d'établir le bilan individuel des éléments traces du sol d'après les apports et les pertes et fera intervenir les aspects temporels et spatiaux. Le modèle utilisé permettra aussi de faire un bilan global, c'est-à-dire un bilan de tous les éléments traces combinés, et de prendre en compte les concentrations de base (naturelles). Ces calculs seront faits pour une série de pédo-paysages du Canada. Le « portrait » qui en résultera comprendra aussi les « points chauds », ou zones restreintes où le risque est plus élevé que dans l'ensemble des pédo-paysages. Lorsque le modèle sera prêt, il sera appliqué à une région dans un essai à l'échelle pilote; on évaluera ainsi la méthode proposée avant de l'utiliser à l'échelle du pays. De l'information sera recueillie pour la détermination de la charge critique en éléments traces ce que Doyle et coll. (2003) ont fait pour les rejets de fonderie. La valeur des charges critiques pourrait être établie d'après, par exemple, les recommandations du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME, 2002).

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur de risque de contamination des sols par les éléments traces sera calculé au moyen d'un modèle mathématique qui permettra de déterminer la disponibilité des éléments traces d'après l'accumulation nette, les caractéristiques pédologiques pertinentes et les facteurs de gestion. L'accumulation nette d'éléments traces résultant de l'activité agricole sera déterminée par un bilan des pertes et des apports. Les valeurs d'accumulation nette seront ensuite ajustées en fonction d'une série de paramètres influant sur la disponibilité des éléments traces comme la solubilité de la source de l'apport, les conditions du sol (p. ex., pH, teneur en matière organique), les facteurs environnementaux (p. ex., climat), les caractéristiques du système cultural (p. ex., travail du sol, apport de nutriments, type de plantes cultivées, rotation) (Sheppard et Sheppard 2004). On a examiné le genre de données nécessaires au calcul de l'indicateur. En général, l'indicateur réunira des données pédologiques géoréférencées dans une carte des sols où s'ajoutera l'information relative aux éléments traces. Pour l'instant, toutefois, l'information qui existe sur les apports d'éléments traces n'est pas suffisamment géoréférencée.

En général, les évaluations de toxicité portent sur des contaminants multiples qui peuvent interagir les uns avec les autres. On a mis au point un modèle conceptuel qui permet de faire la somme des risques d'impacts associés à divers éléments traces de sources multiples. Avec ce modèle, l'indicateur s'exprimera en une valeur globale unique (au lieu de plusieurs valeurs, chaque élément trace étant traité individuellement). Il pourrait s'agir des proportions relatives de terres agricoles classées dans certaines catégories de risques, l'indicateur représentant le risque que les concentrations d'éléments traces dans le sol dépassent les limites acceptables.

## ■ LIMITES

Mettre au point un indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces est une entreprise réalisable, pour laquelle il est indiqué d'examiner l'information publiée sur les indicateurs comparables, mais un certain nombre de facteurs propres au modèle et aux données qu'il nécessite pourraient limiter les possibilités que peut offrir cet indicateur mis au point.

- Les données sur les apports présenteront vraisemblablement une grande variabilité spatiale avec laquelle il faudra composer d'une manière ou d'une autre pour rendre compte des impacts touchant les sols des secteurs situés à proximité des centres urbains et pour être en mesure de mettre en évidence les « points chauds » de ces secteurs. Il faudra mettre au point une méthode pour prendre en compte les disparités, par exemple entre une exploitation agricole où les biosolides urbains sont acceptés et les exploitations adjacentes où ce genre de matière n'est pas utilisé.

- Les recommandations du CCME (CCME, 2002) ne rendent compte qu'imparfaitement des propriétés des sols : la détermination de concentrations maximales acceptables, en rapport avec les propriétés des sols, sera l'une des difficultés que nous devrons résoudre.

- Comme il n'existe aucune méthode simple et universelle pour évaluer l'impact des contaminants multiples, il pourrait être nécessaire d'envisager plusieurs approches.

- Comme il n'existe aucun registre central qui permette de retracer les apports attribuables aux matières telles que les biosolides qui sont utilisées pour amender les sols, les apports devront être estimés d'après les moyennes régionales et les caractéristiques statistiques.

- La qualité et les caractéristiques des biosolides et des eaux usées varient selon les provinces et les municipalités, et ce n'est que récemment qu'on a commencé à tenir des registres sur ces paramètres.

- Comme les fabricants de compléments pour aliments du bétail sont propriétaires de l'information concernant la teneur de leurs produits en éléments traces, il faudra mettre au point une méthode pour délimiter une plage de valeurs probables.

## ■ RÉSULTATS

L'indicateur étant en voie d'élaboration, aucun résultat ne peut être produit pour l'instant.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les producteurs peuvent mettre en œuvre certaines pratiques utiles pour réduire le risque de contamination et améliorer la performance environnementale de leur exploitation en relation avec l'indicateur des éléments en traces : il s'agit essentiellement de limiter les apports, d'accroître les quantités éliminées du sol et de réduire la biodisponibilité. Limiter les apports de contaminants à la source est assurément le facteur d'atténuation le plus important, surtout dans les régions où la biodisponibilité des éléments traces exogènes est susceptible d'être élevée. On peut limiter les apports en réduisant la teneur des aliments du bétail et des engrais en éléments traces et en diminuant l'utilisation de ces produits par l'amélioration de l'efficacité nutritionnelle des aliments du bétail et par la réduction de la teneur en éléments traces des biosolides et du fumier épandus.

Parmi les pratiques de gestion pouvant contribuer à l'élimination des éléments traces du sol, signalons les méthodes culturales favorisant un rendement optimal et la biodécontamination, qui consiste à recueillir les résidus végétaux des plantes cultivées dans lesquelles des éléments traces s'accumulent pour les utiliser à des fins autres qu'alimentaires (production d'éthanol, de carton paille, de fibres de lin), de façon à ce que les éléments traces ne se retrouvent pas dans la chaîne alimentaire. Enfin, certaines pratiques peuvent faire diminuer la biodisponibilité des éléments traces; on peut notamment doser les apports d'azote (l'azote pouvant faire augmenter la solubilité de certains

éléments traces), choisir des engrais appropriés (la source pouvant influer sur la biodisponibilité des éléments traces), alterner les types de cultures, optimiser les apports de micronutriments, modifier le *pH* des sols acides, modifier la matière organique, choisir des types de cultures et des cultivars appropriés et ne pas ajouter de chlore à l'eau d'irrigation (Grant et coll. 1999).

## ■ BIBLIOGRAPHIE


CCME (Conseil canadien des ministres de l'Environnement) et Bureau national des national des recommandations et des normes (BNRN), 2002. *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. Environnement Canada, BNRN, Ottawa (Ont.). www.ec.gc.ca/CEQG-RCQE/Francais/default.cfm

Doyle, P. J., D. W. Gutzman, M. I. Sheppard, S.C. Sheppard, G. A. Bird et D. Hrebenyk, 2003. *An Ecological Risk Assessment of Air Emissions of Trace Metals From Copper And Zinc Production Facilities*. Human and Ecological Risk Assessment. 9 (2) : 607-636.

Grant, C. A., L.D. Bailey, M.J. McLaughlin et B.R. Singh, 1999. « Management Factors Which Influence Cadmium Concentrations in Crops ». Pages 151-198 dans *Cadmium in Soils and Plants*, Mike J. McLaughlin et B.R. Singh (éd.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (Pays-Bas).

Sheppard, S.C. et M.I. Sheppard, 2004. *Trace Element Contamination – NAHARP Scoping Paper*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, PNARSA (Programme national d'analyse et de rapport sur la santé agroenvironnementale), Ottawa (Ont.).

# Qualité de l'eau

D

# 17. Azote

**AUTEURS :**
R. De Jong, J.Y. Yang, C.F. Drury, E. Huffman, V. Kirkwood et X.M. Yang

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

**PORTEE :**
Échelle nationale, de 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*On ajoute aux plantes cultivées de plus en plus d'azote sous forme d'engrais et de fumier pour améliorer autant que possible leur rendement et, sur un plan plus général, pour satisfaire à la demande croissante en aliments et en fibres. On a mis au point un indicateur agroenvironnemental — l'Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) — pour évaluer le risque de transfert de l'azote des terres agricoles fertilisées vers les eaux de surface avoisinantes où il peut contribuer à la prolifération d'algues et à l'eutrophisation, ou vers les eaux souterraines où il peut réduire la qualité de l'eau potable. Cet indicateur établit un lien entre les résultats de l'Indicateur d'azote résiduel dans le sol (IARS) et les conditions climatiques pour permettre d'évaluer la probabilité de transfert de l'azote des terres agricoles vers le milieu environnant. Les résultats sont évalués en termes de quantité de nitrates perdus par lessivage et de concentration de nitrates dans l'eau de lessivage. Il peut y avoir un risque de contamination de l'eau si de trop grands surplus d'azote sont présents dans le sol à la fin de la saison de croissance, particulièrement dans les régions humides.*

*Pour le Canada, les pertes globales de nitrates ont augmenté de 25 p. 100, passant de 6,1 kg/hectare en 1981 à 7,6 kg/hectare en 2001. De même, la concentration globale de nitrates dans l'eau était de 24 p. 100 plus élevée en 2001 (7,3 mg/L) qu'en 1981 (5,9 mg/L). La proportion des terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de l'IRCE-N a diminué, passant de 81 p. 100 en 1981 à 65 p. 100 en 2001. À cette tendance correspondait une augmentation de la superficie des terres dans les catégories de risque plus élevé. Dans le Centre du Canada, l'augmentation de l'utilisation d'engrais azotés (ex. dans les Prairies), du nombre d'animaux d'élevage dans les provinces de l'Atlantique et de la superficie des terres consacrées à la culture des légumineuses sont quelques-uns des facteurs qui ont contribué à l'augmentation de la concentration et des pertes de nitrates. Des facteurs climatiques entrent également en jeu : pour preuve, la faible quantité de précipitations dans un grand nombre de régions du Canada en 2001 a entraîné une diminution du rendement des cultures et donc de l'assimilation de l'azote.*

## ■ L'ENJEU

L'azote (N) est un élément nutritif essentiel dont toutes les plantes cultivées ont besoin. Les légumineuses (comme le soja et la luzerne) fixent l'azote de l'atmosphère, mais les plantes non-légumineuses (comme le maïs, les céréales et la pomme de terre) nécessitent un apport d'azote pour une croissance et un rendement optimaux (Drury et Tan 1995). Comme le secteur de l'agriculture s'efforce de satisfaire à la demande croissante en aliments et en fibres, on ajoute à ces cultures des concentrations croissantes d'azote au moyen d'engrais et de fumier.

Cependant, l'ajout d'azote n'est pas toujours sans risque. Une partie de l'azote des terres agricoles fertilisées peut éventuellement passer dans le milieu environnant, notamment dans des ressources hydriques. Les pertes d'azote dans l'environnement se produisent parce que l'azote ajouté n'est pas entièrement assimilé par les plantes et que, forcément, de l'azote résiduel demeure dans le sol à la fin de la saison de croissance (voir le chapitre 9). Il peut y avoir un risque de contamination de l'eau si, en situation humide, de trop grands surplus d'azote sont présents dans le sol. La plus grande partie de l'azote inorganique résiduel, qui se présente sous forme de nitrates, est hydrosoluble et donc susceptible d'être lessivé dans les eaux souterraines, ou d'être emporté avec les eaux de drainage et, éventuellement, de se retrouver dans les fossés, les cours d'eau et les lacs. Une concentration élevée de nitrates dans les eaux de surface peut contribuer à la prolifération des algues et à l'eutrophisation et, dans l'eau potable, présenter un risque pour la santé humaine (Chambers et coll. 2001).

***Tableau 17-1 : Catégories de risque de l'IRCE-N, fondées sur la concentration de nitrates (azote) dans l'eau et quantité totale de nitrates (azote) perdus***

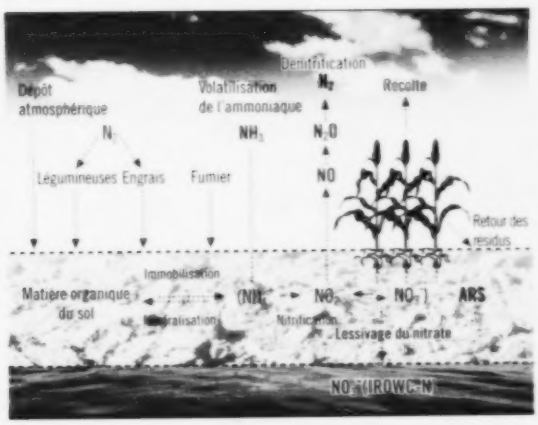
| | | Nitrates perdus (kg N / hectare) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-4,9 | 5,0-9,9 | 10,0-19,9 | ≥20 |
| Concentration de nitrates (mgN/L) | 0-4,9 | Très faible | Très faible | Faible | Modéré |
| | 5,0-9,9 | Très faible | Faible | Modéré | Élevé |
| | ≥10 | Faible | Modéré | Élevé | |

## ■ L'INDICATEUR

On a mis au point l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) pour mettre en relation la quantité d'azote minéral demeurant dans le sol après la récolte (l'azote résiduel dans le sol) et les conditions climatiques, en vue d'évaluer la probabilité que l'azote, sous forme de nitrates, soit entraîné par lessivage hors des agroécosystèmes (MacDonald 2000).

Une vue conceptuelle simplifiée du flux d'azote dans les agroécosystèmes illustre les principes biophysiques sur lesquels repose cet indicateur (figure 17-1). Le gain net annuel d'azote, qu'on appelle azote résiduel dans le sol (ARS), représente la différence entre les apports d'azote et les pertes d'azote. Les apports d'azote représentent les dépôts atmosphériques, les quantités fixées par les plantes légumineuses et les quantités ajoutées aux terres agricoles sous forme d'engrais et de fumier. Dans les pertes d'azote hors du système, on compte l'azote perdu sous forme gazeuse dans l'atmosphère (dénitrification et volatilisation de l'ammoniac), l'azote compris dans les matières végétales retirées des champs et l'azote emporté par lessivage dans les eaux souterraines ou de surface (se référer au chapitre 9 pour plus d'information concernant les méthodes et hypothèses pour le calcul de l'ARS). Ce dernier (l'azote emporté par lessivage) est ce que l'indicateur IRCE-N vise à mettre en évidence.

***Figure 17-1 : Représentation conceptuelle du flux d'azote dans les agroécosystèmes***




L'IRCE-N s'exprime en proportion des terres agricoles rangées dans cinq catégories de risque (voir le tableau 17-1). On établit ces catégories en reliant deux paramètres : (i) quatre niveaux de concentration d'azote emporté hors du sol par lessivage entre deux saisons de croissance (hiver) (la quantité de nitrates perdus, ou $N_{perdu}$, est exprimée en kg d'azote par hectare); (ii) trois niveaux de concentration de nitrates dans l'eau de lessivage (la concentration de nitrates, ou $N_{conc}$, est exprimée en mg d'azote par L). Ce dernier élément peut être lié à la recommandation canadienne pour l'eau potable de 10 mg de $NO_3$-N par L. On utilise ces deux paramètres pour déterminer l'IRCE-N parce qu'ils contribuent tous deux à l'effet de la perte d'azote sur l'environnement. Par exemple, si les pertes d'azote sont élevées et que le volume d'eau de drainage est important, la concentration de nitrates peut être relativement faible en raison de la dilution, et les effets sur l'environnement pourraient ne pas être aussi graves que dans une situation où les pertes d'azote et la concentration de nitrates seraient importantes. Pour cet indicateur, l'objectif de performance est d'obtenir des proportions croissantes de terres agricoles dans les catégories de risque faible (catégories 1 et 2).

***Tableau 17-1** : Catégories de risque de l'IRCE-N, fondées sur la concentration de nitrates (azote) dans l'eau et quantité totale de nitrates (azote) perdus*

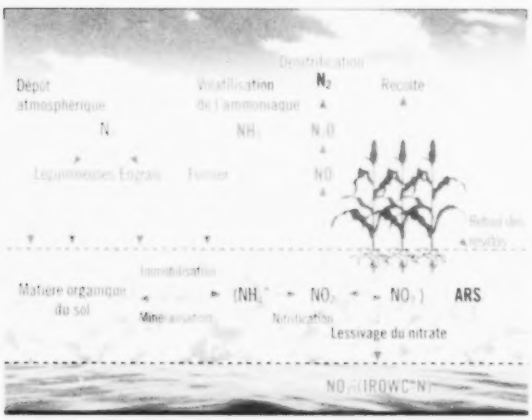
| | | Nitrates perdus (kg N / hectare) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-4.9 | 5.0-9.9 | 10.0-19.9 | ≥20 |
| Concentration de nitrates (mgN/L) | 0-4.9 | Très faible | Très faible | Faible | Modéré |
| | 5.0-9.9 | Très faible | Faible | Modéré | Élevé |
| | ≥10 | Faible | Modéré | Élevé | **Très élevé** |

## L'INDICATEUR

On a mis au point l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) pour mettre en relation la quantité d'azote minéral demeurant dans le sol après la récolte (l'azote résiduel dans le sol) et les conditions climatiques, en vue d'évaluer la probabilité que l'azote, sous forme de nitrates, soit entraîné par lessivage hors des agroécosystèmes (MacDonald 2000).

Une vue conceptuelle simplifiée du flux d'azote dans les agroécosystèmes illustre les principes biophysiques sur lesquels repose cet indicateur (figure 17-1). Le gain net annuel d'azote, qu'on appelle azote résiduel dans le sol (ARS), représente la différence entre les apports d'azote et les pertes d'azote. Les apports d'azote représentent les dépôts atmosphériques, les quantités fixées par les plantes légumineuses et les quantités ajoutées aux terres agricoles sous forme d'engrais et de fumier. Dans les pertes d'azote hors du système, on compte l'azote perdu sous forme gazeuse dans l'atmosphère (dénitrification et volatilisation de l'ammoniac), l'azote compris dans les matières végétales retirées des champs et l'azote emporté par lessivage dans les eaux souterraines ou de surface (se référer au chapitre 9 pour plus d'information concernant les méthodes et hypothèses pour le calcul de l'ARS). Ce dernier (l'azote emporté par lessivage) est ce que l'indicateur IRCE-N vise à mettre en évidence.

***Figure 17-1** : Représentation conceptuelle du flux d'azote dans les agroécosystèmes*




L'IRCE-N s'exprime en proportion des terres agricoles rangées dans cinq catégories de risque (voir le tableau 17-1). On établit ces catégories en reliant deux paramètres : (i) quatre niveaux de concentration d'azote emporté hors du sol par lessivage entre deux saisons de croissance (hiver) (la quantité de nitrates perdus, ou $N_{perdu}$, est exprimée en kg d'azote par hectare); (ii) trois niveaux de concentration de nitrates dans l'eau de lessivage (la concentration de nitrates, ou $N_{conc}$, est exprimée en mg d'azote par L). Ce dernier élément peut être lié à la recommandation canadienne pour l'eau potable de 10 mg de $NO_3$-N par L. On utilise ces deux paramètres pour déterminer l'IRCE-N parce qu'ils contribuent tous deux à l'effet de la perte d'azote sur l'environnement. Par exemple, si les pertes d'azote sont élevées et que le volume d'eau de drainage est important, la concentration de nitrates peut être relativement faible en raison de la dilution, et les effets sur l'environnement pourraient ne pas être aussi graves que dans une situation où les pertes d'azote et la concentration de nitrates seraient importantes. Pour cet indicateur, l'objectif de performance est d'obtenir des proportions croissantes de terres agricoles dans les catégories de risque faible (catégories 1 et 2).

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

On a calculé l'IRCE-N à l'échelle des Pédo-paysages du Canada (PPC) en combinant les valeurs d'azote résiduel dans le sol (estimées par la différence entre les apports et les pertes d'azote), obtenues à l'aide du modèle normalisé CANB (pour Canadian Agricultural Nitrogen Budget, ou bilan azoté de l'agriculture canadienne, version 2.0; voir le chapitre 9), avec les données météorologiques et pédologiques, en vue de déterminer les valeurs de $N_{perdu}$ et de $N_{conc}$. On a utilisé un modèle de bilan hydrique pour estimer le surplus quotidien d'eau entre deux saisons de croissance (du 1er septembre au 31 mars), période où la plus grande partie des pertes de nitrates a lieu. Dans le modèle de bilan hydrique, on tient compte des précipitations (P) quotidiennes et de l'evapotranspiration potentielle (ÉP), de même que de la réserve utile (available water-holding capacity ou AWHC). On a déterminé les valeurs de $N_{perdu}$ et de $N_{conc}$ pour chaque année (de 1979 à 2003) et calculé la moyenne de ces valeurs pour les quatre périodes hivernales précédant et suivant une année de recensement et ce, pour toutes les années de recensement visées par le présent rapport (1981, 1986, 1991, 1996 et 2001). On a ensuite reporté les résultats sur une carte à l'aide des critères présentés au tableau 17-1.

*De 1981 à 2001, à chacune des années de recensement, la majorité des terres agricoles au Canada se situaient dans les catégories de risque très faible et faible.*

Pour la période s'étendant de 1979 à 2003, les données météorologiques nécessaires, notamment les températures maximale et minimale quotidiennes de l'air et la quantité de précipitations journalières, proviennent de la base de données climatologiques des écodistricts d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. On a calculé l'évapotranspiration potentielle quotidienne à l'aide de la méthode de Baier et Robertson (1965). On a déterminé la valeur de la réserve d'eau utile du sol pour chaque polygone des Pédo-paysages du Canada (PPC), d'après les valeurs de réserve d'eau utile pour les composantes pédologiques et la proportion du polygone qu'occupe chaque composante, données fournies par le Système d'information sur les sols du Canada (SISCan).

## ■ LIMITES

Les limites du calcul de cet indicateur sont les mêmes que pour celles de l'indicateur d'ARS (présentées au chapitre 9). Pour le calcul des surplus d'eau (P – ÉP), la procédure utilisée entraîne une sous-estimation type de sa valeur réelle parce que l'évapotranspiration potentielle est toujours plus élevée que l'évapotranspiration réelle. Par conséquent, les concentrations de nitrates seraient surévaluées parce qu'en prévoyant un plus faible surplus d'eau, le taux de dilution serait moins élevé. Les pertes d'azote calculées seraient aussi moins élevées, puisque des surplus d'eau moins importants se traduiraient par moins d'eau et une moins grande quantité de nitrates emportés hors des terres par drainage. Le bilan hydrique a été calculé pour la période hivernale complète, c'est pourquoi la méthode ne met pas en évidence les effets de chaque orage et écoulement ayant lieu à divers moments de l'année. Finalement, certaines valeurs de réserve d'eau utile et certaines données météorologiques n'étaient pas accessibles pour certains polygones des PPC, ce qui veut dire qu'on a dû formuler des hypothèses générales pour pouvoir faire les calculs (p. ex., utiliser les données météorologiques de régions adjacentes ou du polygone le plus près).

Il sera nécessaire d'effectuer d'autres travaux afin d'améliorer la composante bilan hydrique de l'IRCE N et d'évaluer non seulement les pertes d'azote encourues pendant l'hiver mais aussi celles qui se sont produites pendant la saison de croissance. Il faut tenir compte de l'ensemble du bilan hydrique pour toute l'année, ce qui comprend les effets d'orages importants sur l'écoulement de surface.

## ■ RÉSULTATS

On présente dans le tableau 17-2 la proportion des terres agricoles dans chaque catégorie de risque pour chacune des provinces et pour l'ensemble du Canada. Dans la figure 17-2, on illustre la répartition géographique des terres agricoles dans les cinq catégories de l'IRCE-N en 2001. Pour des détails sur les catégories de l'IRCE-N, consulter le tableau 17-1.

## *Tableau 17-2: Proportion des terres agricoles dans les diverses catégories de l'IRCE-N, 1981 à 2001*

**Proportion des terres agricoles dans les diverses catégories de risque (en %)**

| Province | Très faible | | | | | Faible | | | | | Modéré | | | | | Élevé | | | | | Très élevé | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 |
| C.-B.* | 44 | 47 | 42 | 38 | 32 | 18 | 14 | 18 | 16 | 19 | 10 | 15 | 14 | 15 | 16 | 7 | 2 | 3 | 4 | 7 | 2 | 4 | 4 | 6 | 4 |
| Alb. | 90 | 96 | 87 | 78 | 69 | 7 | 4 | 9 | 16 | 18 | 2 | 0 | 4 | 6 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sask. | 80 | 70 | 72 | 67 | 64 | 15 | 23 | 16 | 24 | 15 | 5 | 3 | 10 | 6 | 18 | 0 | 4 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Man. | 2 | 6 | 0 | 1 | 0 | 10 | 8 | 9 | 3 | 4 | 10 | 13 | 24 | 19 | 28 | 73 | 67 | 65 | 67 | 66 | 5 | 6 | 2 | 10 | 3 |
| Ont. | 13 | 30 | 14 | 9 | 2 | 47 | 70 | 72 | 60 | 7 | 26 | 0 | 9 | 19 | 11 | 14 | 0 | 5 | 12 | 73 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| Qc | 38 | 8 | 15 | 46 | 14 | 42 | 51 | 56 | 36 | 49 | 6 | 16 | 11 | 2 | 18 | 9 | 17 | 12 | 9 | 13 | 5 | 8 | 6 | 8 | 7 |
| N.-B. | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 54 | 2 | 3 | 29 | 24 | 25 | 2 | 29 | 33 | 17 | 20 | 63 | 60 | 24 | 45 | 1 | 34 | 9 | 11 | 14 |
| N.-É. | 25 | 0 | 0 | 57 | 2 | 55 | 2 | 31 | 11 | 8 | 7 | 59 | 45 | 9 | 55 | 11 | 28 | 12 | 13 | 21 | 3 | 11 | 12 | 9 | 15 |
| Î.-P.-É. | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 59 | 56 | 0 | 48 | 0 | 41 | 27 | 69 | 41 | 33 | 0 | 17 | 31 | 0 | 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T.-N. | 38 | 0 | 26 | 16 | 5 | 11 | 8 | 6 | 5 | 25 | 14 | 3 | 26 | 12 | 20 | 21 | 36 | 14 | 7 | 19 | 17 | 52 | 28 | 61 | 31 |
| **Canada** | **65** | **64** | **60** | **57** | **50** | **16** | **19** | **18** | **22** | **15** | **7** | **4** | **10** | **9** | **17** | **11** | **11** | **10** | **10** | **15** | **1** | **1** | **1** | **2** | **1** |

* En Colombie-Britannique, la somme des proportions des terres agricoles dans les cinq catégories de risque ne donne pas 100 % parce que certains polygones ont été exclus des calculs en raison de l'absence de données météorologiques.

**Canada :** De 1981 à 2001, à chacune des années de recensement, la majorité des terres agricoles au Canada se situaient dans les catégories de risque très faible et faible. Cependant, on a constaté une diminution marquée entre 1981, où 81 p. 100 des terres agricoles étaient réunies dans ces deux catégories (65 p. 100 dans risque très faible, et 16 p. 100 dans risque faible), et 2001, où 65 p. 100 des terres agricoles se rangeaient dans les catégories de risque très faible (50 p. 100) et faible (15 p. 100). À cette tendance correspondait une augmentation dans les catégories de risque modéré (de 7 p. 100 à 17 p. 100) et élevé (de 11 p. 100 à 15 p. 100) pour la même période. Moins de 3 p. 100 des terres agricoles se trouvaient dans la catégorie de risque très élevé au cours de l'une ou l'autre des années de recensement examinées.

**Colombie-Britannique :** Conformément à la tendance nationale, une majorité (51 p. 100) des terres agricoles se situaient dans les catégories de risque très faible (32 p. 100) et faible (19 p. 100) en 2001, une baisse de 62 p. 100 (44 p. 100 dans risque très faible, et 18 p. 100 dans risque faible) par rapport à 1981. Au cours de cette période de 20 ans, la superficie des terres agricoles a augmenté de 6 p. 100 dans la catégorie de risque modéré et de 2 p. 100 dans la catégorie de risque très élevé. Il faut souligner qu'environ 20 p. 100 des terres agricoles en Colombie-Britannique ont été exclues des calculs faute de données météorologiques.

**Prairies :** De 1981 à 2001, on a noté une diminution générale de la proportion des terres agricoles dans les catégories de risque très faible et faible pour les trois provinces des Prairies (Alberta : de 97 p. 100 à 87 p. 100; Saskatchewan : de 95 p. 100 à 79 p. 100; Manitoba : de 12 p. 100 à 4 p. 100). Cette tendance concorde avec une augmentation dans la catégorie de risque modéré (Alberta : augmentation de 11 p. 100, Saskatchewan : de 13 p. 100; Manitoba : de 18 p. 100). Il est intéressant d'observer que, en 2001, la superficie des terres agricoles dans les catégories de risque élevé et très élevé était de 0 p. 100 en Alberta et de 3 p. 100 en Saskatchewan. Des trois provinces des Prairies, c'est au Manitoba que la proportion des terres agricoles dans les catégories de risque élevé (66 p. 100) et très élevé (3 p. 100) était la plus importante, en 2001, une baisse de 9 p. 100 par rapport à 1981.

**Ontario :** Tandis que le pourcentage de la superficie des terres agricoles figurant dans les catégories de risque très faible et faible se maintenait au-dessus de la barre des 60 p. 100 pour chacune des années de recensement de 1981 à 1996, on observe une diminution considérable en 2001 : moins de 10 p. 100 des terres agricoles se rangent dans ces deux catégories. Cette baisse était accompagnée d'une augmentation importante de la proportion des terres agricoles dans les catégories de risque élevé (14 p. 100 en 1981, et 73 p. 100 en 2001) et très élevé (0 p. 100 en 1981, et 8 p. 100 en 2001).

***Figure 17-2 : Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles au Canada, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***

**Québec :** Conformément à la tendance nationale, la majorité (63 p. 100) des terres agricoles se rangeaient dans les catégories de risque très faible (14 p. 100) et faible (49 p. 100) en 2001, une baisse de 80 p. 100 (38 p. 100 dans risque très faible, et 42 p. 100 dans risque faible) par rapport à 1981. Au cours de cette période de 20 ans, la superficie des terres agricoles a augmenté de 12 p. 100 dans la catégorie de risque modéré et de 4 p. 100 dans la catégorie de risque élevé. On a observé quelques fluctuations au fil des ans dans la catégorie de risque très élevé, mais globalement, peu de changement (augmentation de 2 p. 100) de 1981 à 2001.

**Provinces de l'Atlantique :** En 1981, dans les provinces de l'Atlantique (sauf à Terre-Neuve-et-Labrador), la majorité des terres agricoles se situaient dans les catégories de risque très faible et faible (Nouveau-Brunswick : 55 p. 100, Nouvelle-Écosse : 80 p. 100, et Île-du-Prince-Édouard : 59 p. 100), tandis qu'un peu moins de la moitié des terres agricoles de Terre-Neuve-et-Labrador (49 p. 100) se rangeaient dans ces catégories. En 2001, la proportion dans ces catégories était nettement plus faible (Nouveau-Brunswick : 25 p. 100, Nouvelle-Écosse : 10 p. 100, Île-du-Prince-Édouard : 0 p. 100, et Terre-Neuve-et-Labrador : 30 p. 100). Cette baisse correspondait à un mouvement à la hausse dans les catégories de risque élevé et très élevé pour la même période et pour les quatre provinces (augmentation de 38 p. 100 au Nouveau-Brunswick, de 22 p. 100 en Nouvelle-Écosse, de 67 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard et de 12 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador).

## ■ INTERPRÉTATION

**Canada :** On peut interpréter la diminution de la proportion des terres agricoles dans les catégories de risque très faible et faible à l'échelle nationale en étudiant les tendances des deux paramètres de l'IRCE-N : la concentration d'azote ($N_{conc}$) et les pertes d'azote ($N_{perdu}$). Les valeurs de ces paramètres ont été calculées à l'aide des valeurs d'ARS, des valeurs de la réserve d'eau utile et des valeurs de surplus de précipitations au cours de l'hiver. À l'échelle nationale, les valeurs de $N_{conc}$ sont demeurées assez constantes entre les années de recensement 1981 et 1996 (4,9 mg/L en 1986 à 6,0 mg/L en 1991); toutefois, les valeurs ont augmenté de façon substantielle (28 p. 100) par rapport aux valeurs de 1996 et ont atteint 7,3 mg/L en 2001. Cette augmentation était due en partie aux valeurs d'ARS plus élevées en 2001 (résultant d'une augmentation des apports — fixation biologique et apports d'azote par les engrais et le fumier — et d'une diminution des pertes provenant de la réduction du rendement des cultures), ainsi qu'à une diminution du surplus de précipitations au cours de l'hiver en 2001. Les valeurs de $N_{conc}$ étaient toujours inférieures à 10 mg/L dans toutes les provinces, sauf au Manitoba et à Terre-Neuve-et-Labrador. Entre 1981 et 2001, les pertes d'azote par lessivage étaient inférieures à 50 kg/ha dans toutes les provinces, sauf en Nouvelle-Écosse en 2001 (50,2 kg/ha) et à Terre-Neuve-et-Labrador entre 1986 et 2001 (de 67,1 à 121,6 kg/ha). Contrairement à Terre-Neuve-et-Labrador qui a affiché des pertes élevées, l'Alberta et la Saskatchewan – qui représentent 70 p. 100 de l'ensemble des terres agricoles du Canada – ont connu de très faibles pertes d'azote (c.-à-d. moins de 5 kg/ha), à cause du faible surplus de précipitations au cours de l'hiver et d'une valeur légèrement plus faible de la réserve utile.

**Colombie-Britannique :** L'augmentation de la superficie des terres agricoles dans les catégories de risque modéré et élevé peut être attribuée à une augmentation des valeurs de $N_{conc}$, lesquelles ont atteint 9,1 mg/L en 2001. Le $N_{perdu}$ a augmenté régulièrement à 27,5 kg/ha en 2001. Ces tendances peuvent en revanche s'expliquer par les ventes élevées d'engrais azotés et les valeurs élevées pour l'azote disponible dans le fumier, notamment dans les régions du Sud-Est de l'île de Vancouver et de la vallée du bas Fraser. En outre, les valeurs d'ARS étaient plus élevées et les valeurs de surplus de précipitations au cours de l'hiver étaient plus faibles en 2001.

**Alberta :** Les valeurs de $N_{conc}$ étaient plus faibles (entre 2,7 et 5,6 mg/L) à cause de faibles valeurs d'ARS correspondantes. De même, les pertes d'azote étaient faibles (inférieures à 5 kg/ha) au cours de chacune des années de recensement, car le surplus de précipitations au cours de l'hiver était faible. Dans le Sud de l'Alberta, il y a eu un déficit de précipitations au cours de l'hiver, ce qui s'est soldé par un lessivage d'azote nul.

**Saskatchewan :** Cette province affichait des valeurs d'ARS légèrement plus élevées que l'Alberta, mais comme le surplus de précipitations au cours de l'hiver était généralement plus faible, les valeurs de $N_{perdu}$ et de l'IRCE-N étaient semblables à celles de l'Alberta. Les régions où le risque était le plus élevé se trouvaient dans la zone des sols noirs, où les ventes annuelles d'engrais azotés variaient entre 15 et 75 kg d'azote par ha, une valeur plus élevée que dans le reste de la province.

**Manitoba :** Le Manitoba affichait les concentrations de nitrates les plus élevées (de 11,8 à 15,5 mg d'azote par L) et les pertes d'azote (de 11,9 à 15,7 kg/ha) également les plus élevées de toutes les provinces des Prairies. Cela provenait principalement de valeurs d'ARS beaucoup plus élevées (au moins 50 p. 100 plus élevées qu'en Alberta ou en Saskatchewan), ce qui a occasionné des valeurs de $N_{conc}$ 2,5 fois plus élevées et des pertes d'azote 4 fois plus élevées. Les valeurs de $N_{conc}$ se situaient régulièrement au-dessus de la concentration de référence de 10 mg d'azote par litre (recommandation canadienne pour l'eau potable) durant la période de 20 ans. La figure 17-2 montre qu'en 2001, les régions du lac des Bois, de la Plaine interlacustre et de la Plaine du lac Manitoba étaient dans les catégories de risque élevé et très élevé.

**Ontario :** Comparativement au Manitoba, l'Ontario affichait des valeurs de $N_{perdu}$ plus élevées (12,4 à 28,6 kg/ha), mais des valeurs de $N_{conc}$ plus faibles (2,7 à 6,6 mg/L), une situation qui a trait aux différentes conditions climatiques. En Ontario, un surplus de précipitations plus élevé au cours de l'hiver contribue à augmenter les pertes d'azote dans l'eau de drainage, mais le surplus de précipitations se traduit également par une dilution accrue. Les valeurs de $N_{conc}$ en Ontario ont augmenté à 6,6 mg/L, tout comme les valeurs de $N_{perdu}$ (28,6 kg/ha), comparativement aux valeurs de 1996 (4,2 mg/L et 17,9 kg/ha). La figure 17-2 montre qu'en 2001, certaines régions du Sud-Ouest de l'Ontario se sont classées dans la catégorie de risque très élevé. Dans la région des basses-terres du lac Érié, l'azote disponible dans le fumier était élevé, ce qui a entraîné de vastes zones de cette région dans la catégorie de risque très élevé.

**Québec :** Les valeurs moyennes de $N_{conc}$ dans cette province étaient régulièrement inférieures à 6 mg/L au cours de toute la période d'étude, et les valeurs de $N_{perdu}$ se situaient entre 17,7 et 26,5 kg/ha. Toutefois, des régions à risque élevé localisées sont évidentes sur la carte de l'IRCE N de 2001 (figure 17-2). Les trois régions présentant les valeurs de $N_{perdu}$ et de $N_{conc}$ les plus élevées étaient le Sud des Laurentides, les Appalaches et les basses-terres du fleuve Saint-Laurent. Les valeurs élevées provenaient en grande partie des fortes populations d'animaux d'élevage et des valeurs élevées d'azote disponible dans le fumier.

**Nouveau-Brunswick :** Les valeurs de $N_{conc}$ étaient inférieures à 7,5 mg/L pour toutes les années, sauf en 1986, où elle a atteint la concentration de référence de 10 mg/L. Les valeurs de $N_{perdu}$ étaient comprises entre 24,1 et 41,5 kg/ha. Les valeurs d'ARS étaient environ 50 p. 100 plus élevées qu'au Québec, mais le lessivage de l'azote ($N_{perdu}$) était 63 p. 100 plus élevé qu'au Québec, principalement à cause d'un surplus de précipitations plus élevé au cours de l'hiver et d'une réserve d'eau utile moins élevée. Comme dans le cas du Québec, la figure 17-2 montre que les zones où le risque est le plus élevé se situent dans les régions à forte densité d'animaux d'élevage du Nouveau-Brunswick : les hautes-terres, les basses-terres des Maritimes et la Côte de la baie de Fundy.

**Nouvelle-Écosse :** Les valeurs d'ARS, de $N_{conc}$ et de $N_{perdu}$ ont toutes augmenté considérablement entre 1996 et 2001, principalement par suite d'apports d'azote plus élevés et de rendements des cultures plus faibles. Les valeurs les plus élevées de $N_{conc}$ et de $N_{perdu}$ ont été observées en 2001 (7,2 mg/L et 50,2 kg/ha). La réserve d'eau utile moyenne des sols de la Nouvelle-Écosse est faible, parce que les sols sont sablonneux et donc vulnérables aux pertes d'azote par lessivage. Les catégories de risque très élevé de l'IRCE-N ont été observées dans les hautes-terres du Sud-Ouest de la Nouvelle-Écosse, les hautes-terres de la Nouvelle-Écosse et les basses-terres d'Annapolis-Minas.

**Île-du-Prince Édouard :** Cette province a affiché des valeurs d'ARS, de $N_{perdu}$ et de $N_{conc}$ plus élevées en 2001 qu'en 1996, une performance très semblable à celle observée en Nouvelle-Écosse. La valeur de $N_{perdu}$ en 2001 (34,1 kg/ha) était deux fois plus élevée qu'en 1996 (17,3 kg/ha). Ce phénomène peut être attribué à des apports un peu plus élevés et des pertes plus faibles dans le bilan d'ARS. Les valeurs de $N_{conc}$ étaient inférieures à 6 mg/L durant la période de 20 ans.

**Terre-Neuve-et-Labrador :** Les valeurs d'ARS enregistrées à Terre-Neuve-et-Labrador étaient de loin les plus élevées au pays, et comme le surplus de précipitations au cours de l'hiver était également le plus élevé (> 720 mm), les pertes d'azote étaient beaucoup plus élevées que dans les autres provinces (de 35,9 à 122 kg/ha). Les concentrations de nitrates étaient élevées (de 4,5 à 17,4 mg/L), mais elles étaient diluées par les forts surplus de précipitations

enregistrés au cours de l'hiver. Il semblerait que la quantité de fumier produite est excessive par rapport à la superficie des terres disponibles pour l'épandage.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Puisque les producteurs ne peuvent pas facilement intervenir au niveau de la réserve d'eau utile et des variables liées aux conditions météorologiques (précipitations et évapotranspiration potentielle), la seule option pratique qu'il leur reste pour gérer la contamination de l'eau par l'azote est d'agir au niveau de l'azote résiduel du sol (ARS). La seule exception pourrait être d'avoir recours à l'irrigation pour compenser les précipitations insuffisantes. Lorsque des épisodes de sécheresse durant la saison de croissance ralentissent la croissance des cultures et leur assimilation de l'azote, on peut avoir recours à une irrigation supplémentaire pour augmenter les rendements et réduire la quantité d'ARS. En outre, Drury et coll. (1996) ont observé qu'on pouvait réduire les pertes de nitrates et la concentration de nitrates dans l'eau de drainage en agissant au niveau des nappes d'eau souterraine. Le chapitre 9 sur l'ARS décrit les pratiques de gestion qui peuvent contribuer à réduire les risques d'ARS élevé et réduire ainsi le risque de contamination de l'eau par l'azote.

Les producteurs ont également une autre option de gestion : planter des cultures de couverture (cultures de faible valeur plantées à l'automne après la récolte de la culture principale de valeur plus élevée). La culture de couverture capte l'excès d'azote dans le sol et empêche les pertes par lessivage; elle contribue également à prolonger la saison de croissance et à réduire le surplus de précipitations au cours de l'hiver.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Baier, W. et G.W. Robertson, 1965. *Estimation of Latent Evaporation from Simple Weather Observations*. Journal canadien de phytotechnie. 45 : 276-284.

Chambers, P.A., M. Guy, E.S. Roberts, M.N. Charlton, R. Kent, C. Gagnon, G. Grove et N. Foster (éd.), 2001. *Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada*. Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

Drury, C.F. et C.S. Tan, 1995. *Long-Term (35 Years) Effects of Fertilization, Rotation and Weather on Corn Yields*. Revue canadienne de phytotechnie. 75 : 355-362.

Drury, C.F., C.S. Tan, J.D. Gaynor, T.O. Oloya et T.W. Welacky, 1996. *Influence of Controlled Drainage-Subirrigation on Surface and Tile Drainage Nitrate Loss*. Journal of Environmental Quality. 25 : 317-324.

MacDonald, K.B., 2000. « Risque de contamination de l'eau par l'azote ». Pages 115-121 dans *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux*, T. McRae, C.A.S. Smith et L.J. Gregorich (éd.). Agriculture et agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). www.agr.gc.ca/env/naharp-pnarsa

# 18. Phosphore

AUTEURS :
E. van Bochove, G. Thériault, F. Dechmi et M.-L. Leclerc

NOM DE L'INDICATEUR :
Indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

PORTÉE :
Échelle provinciale (Québec), 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*On ajoute du phosphore aux sols agricoles sous la forme d'engrais inorganiques, de fumier et d'autres produits organiques pour optimiser les rendements agronomiques et, plus généralement, pour satisfaire les besoins accrus en aliments et en fibres. On a élaboré l'Indice de risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) pour évaluer le risque relatif de transfert du phosphore des superficies agricoles traitées vers les plans d'eau voisins, où il peut favoriser la croissance des algues et l'eutrophisation. Le risque de contamination de l'eau par le phosphore peut être particulièrement élevé dans les endroits où les sols agricoles sont riches en phosphore ou affichent un surplus de phosphore par rapport aux besoins des cultures. Le risque est plus élevé dans les régions où le potentiel d'érosion du sol et d'écoulement de surface est élevé.*

*L'IRCE-P n'a pu être calculé que pour le Québec, étant donné le peu de données disponibles pour les autres provinces. En 2001, la plupart des terres agricoles au Québec étaient classées dans les catégories de risque faible (30 p. 100) et de risque modéré (50 p. 100). En 2001, 15 p. 100 des terres agricoles québécoises étaient classées dans la catégorie de risque élevé de contamination de l'eau par le phosphore, ces terres étant en grande partie concentrées dans les régions de Montréal-Nord, de la Montérégie et de Chaudière-Appalaches. Cette situation de risque élevé est probablement due à un ensemble de facteurs tels des sols davantage saturés de phosphore, un potentiel plus élevé d'érosion du sol et d'écoulement de surface et une production agricole plus intensive. L'indicateur démontre un transfert important de terres agricoles provenant des catégories de risque élevé et modéré, vers la catégorie de risque faible au cours de la période de 20 ans (1981 – 2001).*

## ■ L'ENJEU

Le phosphore (P) est un nutriment essentiel pour la croissance des plantes. Depuis la fin des années 1950, il est devenu courant de procéder à la fertilisation des cultures avec du phosphore. On ajoute du phosphore aux sols agricoles sous la forme d'engrais inorganiques, de fumier et d'autres produits organiques dans le but d'optimiser les rendements agronomiques et la viabilité économique des entreprises agricoles, ainsi que pour satisfaire à la demande croissante d'aliments et de fibres.

Toutefois, l'ajout de phosphore ne se fait pas toujours sans risque. Une partie du phosphore appliqué sur les terres agricoles peut finir par se retrouver dans le milieu environnant, notamment les plans d'eau. Lorsque le phosphore se concentre dans les eaux de surface, il peut causer une croissance et une décomposition très élevées des algues, ce qui entraîne l'eutrophisation du milieu aquatique (Carpenter et coll. 998). On a pris un certain nombre de mesures de protection de l'environnement pour réduire ou éliminer les sources ponctuelles de phosphore d'origine anthropique dans l'eau (p. ex., détergents, eaux usées municipales), ce qui a amélioré la qualité de l'eau. Dans de nombreuses régions, les sources restantes de phosphore dans l'eau sont en grande partie d'origine agricole. La réduction des sources non ponctuelles de pollution par le phosphore provenant des terres agricoles représente donc un défi de taille dans le cadre des efforts consacrés à la protection des eaux de surface. Le problème est plus important dans les régions où le risque d'érosion ou d'écoulement de surface s'ajoute à la présence de sols riches en P dont la capacité de retenir le phosphore est réduite par suite d'applications répétées d'engrais et de fumier (par exemple, dans les régions à forte densité de bétail) et dans les régions où la teneur en P du sol dépasse les besoins des plantes (Beauchemin et Simard 2000).

## ■ L'INDICATEUR

Les processus par lesquels il y a transfert du phosphore des sols vers les plans d'eau sont complexes, et peu de données indiquent la quantité qui atteint les eaux de surface par des processus naturels. Il est donc difficile de mesurer la quantité réelle de phosphore des terres agricoles qui atteint les eaux de surface. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) est un outil d'évaluation qualitative permettant de

classer des unités géographiques – polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC) dont plus de 5 p. 100 de la superficie est consacrée à des activités agricoles – en fonction du risque relatif (comparé à d'autres unités) de transfert du phosphore des terres vers les eaux de surface voisines, à partir du niveau de saturation du sol en P et des apports en P.

On exprime l'IRCE-P en pourcentage des terres agricoles qui sont classées dans cinq catégories de risque (très faible, faible, modéré, élevé et très élevé). Ces catégories de risque ont été établies principalement à partir des propriétés chimiques du P dans le sol et du potentiel d'écoulement de surface. Les catégories de risque très faible à modéré indiquent généralement que le milieu peut soutenir l'agriculture sans qu'il soit nécessaire d'apporter des changements importants aux pratiques de gestion. Par contre, les catégories de risque élevé et très élevé indiquent qu'il y a production excessive de P, que les sols sont excessivement riches en P ou que des mécanismes importants de transport du P interviennent. L'objectif de rendement de cet indicateur est d'augmenter le nombre de terres agricoles dans les catégories à risque très faible et faible (catégories 1 et 2).

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'ICRE-P a été calculé au niveau des polygones des PPC pour le Québec uniquement, pour la période de 1981 à 2001. L'indicateur a été établi à partir d'un système d'indexation du phosphore élaboré à l'origine par des chercheurs américains (Lemunyon et Gilbert 1993) et adapté par la suite aux conditions canadiennes (Bolinder et coll. 2000). Il s'agit essentiellement de la somme des risques individuels associés à trois paramètres (teneurs en P du sol, bilan de P annuel et transfert du P du sol dans l'eau) qui est utilisée pour évaluer le risque global qu'un sol agricole d'un degré de saturation en P donné reçoive une quantité de P donnée et que cette quantité se retrouve dans les cours d'eau.

La teneur en phosphore du sol (teneur en P et degré de saturation du sol en P) a été calculée à l'aide de la description et de l'origine des composés parents pour les séries de sol dominantes de chacun des polygones de PPC. Cette estimation a été faite à partir de deux études des sols.

Dans le cas du bilan de P, on a calculé le P provenant du fumier à partir du nombre de têtes de bétail (tiré du Recensement de l'agriculture) et le P provenant des engrais à partir des données économiques (ventes d'engrais). On a ensuite calculé l'excès de P (P inutilisé par les cultures) à l'aide de ces deux estimations et de la production culturale tirée du Recensement de l'agriculture (cultures fourragères, cultures de grande production, cultures légumières et cultures de pomme de terre), des données de la grille de fertilisation, des coefficients de récolte et des estimations de rendement révisées.

Dans le cas du transfert de P, l'érosion hydrique du sol et l'écoulement de surface sont considérés comme les voies de transfert de P des terres agricoles vers les eaux de surface. On calcule le potentiel de perte de P par érosion hydrique à l'aide de l'équation universelle des pertes de sol révisée et adaptée pour le Canada, laquelle tient compte de la configuration des pluies, de la topographie, des pratiques en matière d'utilisation des terres et du type de culture. Le potentiel d'écoulement de surface est déterminé à l'aide d'une matrice modifiée mise au point à l'origine par McFarland et coll. (1998) qui tient compte de la classe de pente dominante du sol (données tirées de la base de données descriptive des PPC) et du numéro de courbe (données provenant de l'utilisation des terres, des pratiques culturales, des conditions hydrologiques et du groupe hydrologique de sol) de chaque polygone. Les conditions hydrologiques étaient considérées comme bonnes pour tous les polygones des PPC, et le groupe hydrologique de sol a été estimé à partir de la classe de drainage du sol dominante

## ■ LIMITES

Le calcul de l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore a été effectué pour la province de Québec seulement, car les données sur la teneur et le degré de saturation en phosphore du sol, essentielles dans les calculs du statut du phosphore et du bilan en phosphore, ne sont pas disponibles actuellement pour les autres provinces du Canada. Comme un seul relevé de sols était disponible, il n'a pas été possible de déterminer l'enrichissement du sol en P causé par l'évolution des pratiques de gestion agricole au cours de toute la période d'étude. En outre, un certain nombre de pratiques de gestion agricole qui sont susceptibles d'avoir un impact significatif sur les calculs du risque n'ont pas été intégrées à l'indicateur faute de données. Ces pratiques comprennent l'ajout de *phytase* aux aliments des animaux qui réduit la teneur en P du fumier, ainsi que diverses méthodes

de gestion ou d'épandage du fumier. Les données disponibles sur l'utilisation des engrais inorganiques, basées sur les ventes, ne permettent pour l'instant qu'une estimation grossière à l'échelle du polygone. Le calcul du risque de transfert du phosphore des sols vers les plans d'eau tient compte des principaux mécanismes de transport du phosphore (érosion hydrique et écoulement de surface) sans évaluer les autres processus hydrologiques et la connectivité des terres agricoles au réseau hydrographique. L'estimation de l'écoulement de surface ne tient pas compte de l'impact de la fonte des neiges, ni de la variation climatique entre les années et les saisons. Les polygones pour lesquels un paramètre n'a pu être calculé, faute de données, ont été systématiquement éliminés du calcul. Cette méthode sous-estime inévitablement la superficie totale des terres agricoles visées par le présent indicateur.

L'objectif d'étendre l'IRCE-P à l'échelle nationale pour l'année 2008 nécessite la création d'une base de données nationale sur la saturation du sol en P. Les sources utilisées pour établir les bases de données doivent tenir compte des mises à jour de chaque Recensement de l'agriculture. En outre, on est en train d'améliorer le paramètre actuel sur le transfert pour qu'il tienne compte d'aspects hydrologiques qui manquent dans le présent IRCE-P. Enfin, étant donné que l'on utilise de nombreuses sources de données dans le calcul de l'indicateur, il faut mettre au point une méthode permettant de mesurer l'incertitude associée aux calculs. Cette valeur de l'incertitude est fondamentale pour déterminer la qualité d'un indicateur scientifique.

## ■ RÉSULTATS

Le tableau 18-11 présente la distribution du risque pour la période de 20 ans d'étude de l'IRCE-P, et la figure 18-1 présente la distribution géographique des terres agricoles dans les cinq catégories de l'IRCE-P au Québec, en 2001.

Les résultats montrent que la superficie totale des terres agricoles est restée relativement constante entre les années de recensement 1981 et 2001. On a observé une augmentation nette de la proportion des terres agricoles classées dans la catégorie de risque faible entre les intervalles 1981-1991 et 1996-2001 (augmentation d'à peu près 15 p. 100 et 20 p. 100, respectivement), tandis que la proportion des terres agricoles classées dans la catégorie de risque modéré a varié d'environ 65 p. 100 et 50 p. 100, respectivement. Lors de chaque année de recensement, environ 18 p. 100 des terres agricoles du Québec étaient classées dans la catégorie de risque élevé; aucune terre agricole n'a été classée dans la catégorie de risque très élevé et au plus 1 p. 100 environ des terres agricoles ont été classées dans la catégorie de risque très faible.

*On a observé une augmentation nette de la proportion des terres agricoles classées dans la catégorie de risque faible entre les intervalles 1981–1991 et 1996–2001.*

## ■ INTERPRÉTATION

Les résultats doivent être interprétés à la lumière des changements importants qui se sont produits dans le paysage agricole durant la période d'étude. Bien que la superficie totale des terres agricoles soit restée relativement constante, la proportion de la superficie plantée en maïs-grain, une culture exigeant

***Tableau 18-1 : Proportion des terres agricoles du Québec dans les catégories de l'IRCE-P, 1981 à 2001***

Proportion des terres agricoles au Québec dans les catégories de risque de contamination de l'eau par le P (en %)

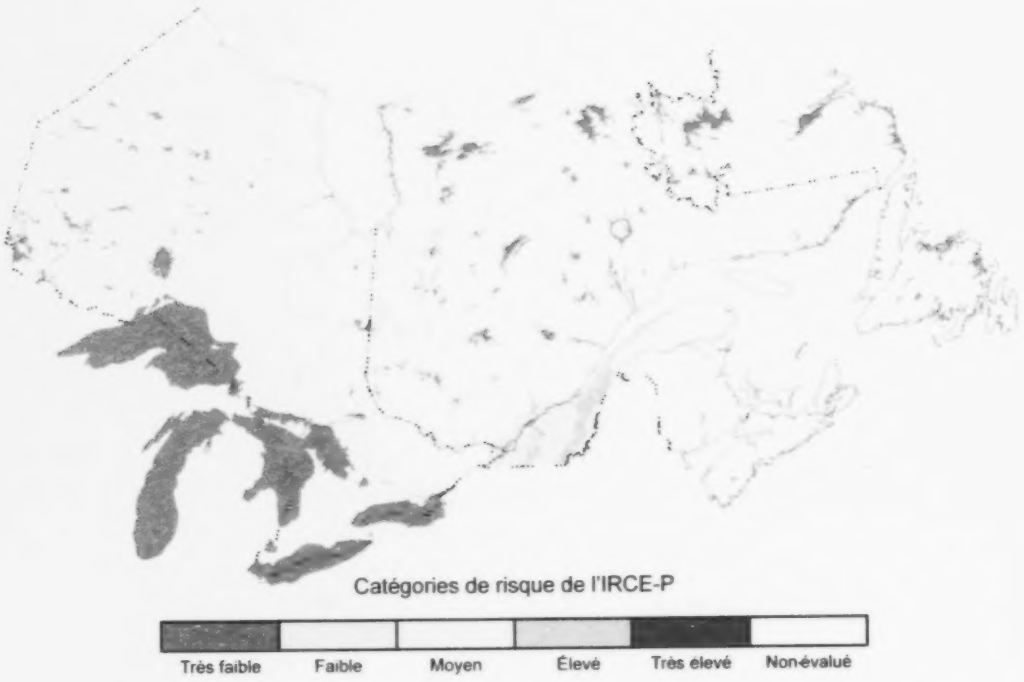
| Année | 1981 | 1986 | 1991 | 1996 | 2001 |
|---|---|---|---|---|---|
| Risque très faible | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Risque faible | 18 | 19 | 11 | 33 | 29 |
| Risque modéré | 63 | 65 | 61 | 48 | 55 |
| Risque élevé | 18 | 15 | 27 | 18 | 16 |
| Risque très élevé | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

beaucoup de phosphore, s'est accrue de près de 144 p. 100. Entre 1991 et 2001, la superficie consacrée aux troupeaux de bovins laitiers a diminué de 21 p. 100 et celle consacrée à l'élevage des porcs et de la volaille a augmenté de 46 p. 100 et de 32 p. 100, respectivement. Au cours des dix dernières années, ces changements dans l'industrie des productions animales se sont traduits par une augmentation de 9 p. 100 de la quantité totale de phosphore disponible dans les fumiers et par une diminution de 27 p. 100 des ventes d'engrais phosphatés. Dans un tel contexte, les producteurs sont enclins à planter des cultures exigeant beaucoup de phosphore sur de plus grandes superficies pour pouvoir épandre leur fumier enrichi en P. Ce phénomène explique en partie la diminution des ventes d'engrais phosphatés. Dans certaines régions où les terres agricoles sont rares, on a observé une tendance croissante au déboisement.

Au cours des cinq années de recensement étudiées (1981 à 2001), 67 p. 100 à 71 p. 100 des zones agricoles présentaient un potentiel d'écoulement de surface modéré, alors que 18 p. 100 à 21 p. 100 des zones en culture présentaient un potentiel d'écoulement de surface élevé et très élevé. Il en était de même pour le potentiel d'érosion. Toutefois, les tendances temporelles ont montré que l'augmentation des cultures à rang large (maïs et soja) entre 1981 et 2001 n'a que légèrement augmenté le risque de transfert dans les sédiments.

Le fait que certaines régions du Québec (p. ex., Montréal-Nord, Montérégie et Chaudière-Appalaches) se classent dans la catégorie de risque élevé peut être attribué à un ensemble de facteurs, telle une saturation plus élevée du sol en P, un pouvoir plus élevé d'érosion du sol et d'écoulement de surface et une production agricole plus intensive.

***Figure 18-1 : Risque de contamination de l'eau par le phosphore sur les terres agricoles au Québec, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001***



## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

On peut réduire significativement les pertes de phosphore des terres agricoles et le transfert vers les ressources hydriques en adoptant de meilleures pratiques de gestion. En fait, depuis l'introduction de plusieurs codes de pratique et de règlements (*Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole, 1998* et *Règlement sur les exploitations agricoles, 2002*), de meilleures pratiques de gestion ont été adoptées pour réduire la contamination de l'eau par le phosphore au Québec, notamment dans les zones de production agricole intensive où l'on observe un excès de phosphore. Ces pratiques tendent généralement à réduire l'impact de la production agricole dans les régions sensibles à l'érosion hydrique du sol et à l'écoulement de surface, mais elles servent également à équilibrer les besoins nutritifs des plantes en fonction de la teneur du sol en P par l'adoption de plans de fertilisation rigoureux.

En général, là où le risque est relativement faible, les pratiques visant à réduire le transfert de phosphore des terres agricoles vers les eaux de surface semblent appropriées; ces pratiques sont la réduction de l'érosion du sol et de l'écoulement en surface, la prévention de l'accès du bétail aux cours d'eau, l'équilibre de l'apport en phosphore basé sur les besoins de la culture et la teneur du sol en P. Les régions où le risque est plus élevé peuvent être plus riches en phosphore ou plus sensibles au transfert du phosphore. Il faut effectuer une évaluation détaillée des causes du risque élevé pour déterminer les mesures d'intervention à prendre. Ces mesures peuvent comprendre la conformité aux plans agroenvironnementaux de fertilisation; l'utilisation de cultures de rotation exigeant beaucoup de phosphore; la réduction de la production de fumier riche en phosphore; et l'installation de tampons et de brise-vents riverains. En outre, il peut se révéler important de limiter le déboisement et la culture des terres forestières, des sols organiques et des terres marginales, puisqu'ils jouent un rôle important dans la filtration du phosphore au niveau du réseau hydrographique et qu'ils réduisent ainsi l'impact de la production agricole sur la qualité de l'eau.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Beauchemin, S. et R.R. Simard, 2000. *Phosphorus Status of Intensively Cropped Soils of the St. Lawrence Lowlands*. Soil Science Society of America Journal. 64 : 659-670.

Bolinder, M.A., R.R. Simard, S. Beauchemin et K.B. MacDonald, 2000. *Indicator of Risk of Water Contamination by P for Soil Landscape of Canada Polygons*. Revue canadienne de la science du sol. 80 : 153-163.

Carpenter, S.R., N.F. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howath, A.N. Sharpley et V.H. Smith, 1998. *Nonpoint Pollution of Surface Waters With Phosphorus and Nitrogen*. Ecological Applications. 8 (3) : 559-568.

Lemunyon, J. L. et R.G. Gilbert, 1993. *The Concept and Need for a Phosphorus Assessment Tool*. Journal of Productive Agriculture. 6 : 483-486.

McFarland, A., L. Hauck, J. White, W. Donham, J. Lemunyon, et S. Jones, 1998. « Nutrient Management Using a Phosphorus Risk Index for Manure Application Fields ». Pages 241-244 dans *Proceedings of Manure Management in Harmony with the Environment and Society*. Article nº 62 du Manure Management Conference Proceedings, 10-12 février, 1998. Soil and Water Conservation Society (SWCS), Ankeny (Iowa).

# 19. Pesticides

**AUTEURS :**
A. J. Cessna,
A. Farenhorst et
D.A.R. McQueen

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest.)

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Les pesticides employés en agriculture peuvent migrer de la zone où ils ont été appliqués vers un environnement plus vaste et ultérieurement contaminer les eaux de surface et souterraines, avec des conséquences possibles pour l'environnement et la santé humaine. Un indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest.) est actuellement en préparation. Il apportera une estimation relative du risque de contamination de l'eau par les pesticides dans les zones agricoles du Canada, risque qui dépend du type et de la quantité des pesticides employés, des caractéristiques du paysage, des conditions environnementales dans lesquelles ils sont utilisés et du recours à des pratiques de gestion bénéfiques.*

## ■ L'ENJEU

Les pesticides, dont plus de 45 millions de kilogrammes sont appliqués chaque année au Canada, sont un élément d'importance de la production agricole canadienne. Ces produits chimiques aident à combattre les dommages aux cultures et à prévenir les pertes économiques attribuables aux ravageurs des végétaux. Bien que leur utilisation ait facilité l'augmentation des rendements et de la valeur des cultures, les pesticides peuvent aussi contribuer à la dégradation de l'environnement. Par exemple, les pesticides entraînés par les eaux de ruissellement peuvent contaminer les eaux de surface, alors que leur lessivage peut provoquer la contamination des eaux souterraines. De petites quantités de résidus de pesticide se retrouvent souvent dans les eaux de surface et souterraines du Canada (Donals et coll. 2001, Frank et coll. 1987, Frank et coll. 1990, Grover et coll. 1997, Lampman 1995, Rudolph et Goss 1993); cependant, on ne connaît pas très bien les conséquences pour la santé humaine d'une exposition à faibles teneurs de pesticides pendant de longues périodes ni les effets sur la faune et son habitat. En conséquence, les effets possibles des pesticides sur l'environnement demeurent une préoccupation d'importance des Canadiens.

Au cours des 20 dernières années, des progrès sensibles ont été accomplis dans la réduction du potentiel de migration des pesticides des champs agricoles vers les eaux de surface et souterraines. Grâce à l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques, il est possible d'atténuer le déplacement des pesticides hors du lieu d'application ou de réduire les quantités de pesticide appliqué aux plantations. De plus, en raison de l'amélioration de l'efficacité de ces produits, les pesticides d'aujourd'hui sont, en général, plus sélectifs et moins toxiques que leurs prédécesseurs, ce qui permet de diminuer leur taux d'application.

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest.), actuellement en préparation, donnera une évaluation du risque relatif de contamination de l'eau par les pesticides employés en agriculture. Le risque sera calculé en estimant le taux de migration des pesticides des champs agricoles vers l'environnement avoisinant. L'indicateur portera sur le risque de contamination des eaux souterraines par les pesticides qui s'infiltrent dans le sol à une profondeur d'un mètre ainsi que sur le risque de contamination des eaux de surface par l'entraînement, le ruissellement et le transport sur un sol érodé par l'eau et le vent.

L'IRCE-Pest. tiendra compte des conditions environnementales, du recours à des pratiques de gestion agricole bénéfiques, du pesticide (type, quantité), de la technologie d'application, de l'apport de pesticides par l'atmosphère et des propriétés physiques et chimiques (p. ex., la demi-vie du pesticide dans le champ) qui peuvent tous influer sur la migration du pesticide à partir du point d'application. Cet indicateur sera plus sensible à l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques dans les polygones de pédopaysages du Canada, là où les facteurs environnementaux sont propices à leur migration.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Les deux principaux facteurs qui entrent dans le calcul du risque de contamination de l'eau par les pesticides sont le mode d'application du pesticide et la proportion qui pénètre dans l'environnement avoisinant. Les estimations de la migration des pesticides vers l'environnement avoisinant seront faites à l'aide de certains modèles sur le devenir des pesticides, qui tiennent compte des caractéristiques du sol, du climat et du pesticide ainsi que

des méthodes de gestion utilisés. Des corrélations entre les végétaux cultivés et les pesticides utilisés serviront à établir des fonctions de transfert qui, à leur tour, seront appliquées aux données sur les systèmes de culture de Statistique Canada pour déterminer les types et les quantités des pesticides appliqués dans des polygones particuliers de pédopaysages au Canada.

La validation sera effectuée en employant des données historiques sur la surveillance des pesticides, recueillies par divers organismes, pour déterminer si le risque prédit par l'indicateur se confirme dans les concentrations de pesticide observées dans les eaux souterraines et superficielles.

## ■ LIMITES

La migration des pesticides est très complexe et comprend plusieurs voies ou moyens de transport par lesquels ces produits chimiques entrent dans l'environnement avoisinant. Le lessivage (écoulement matriciel) est la première voie de transport qui sera incorporée dans l'indicateur. La complexité de ce dernier augmentera avec l'addition de la dérive de pesticide pendant l'application et, ultérieurement, de l'écoulement de surface et du transport des pesticides sur un sol érodé par le vent et l'eau. Le manque de données sur l'utilisation des pesticides représente un défi à la mise au point de cet indicateur et, à moins que cette question ne soit réglée par exemple, par le biais d'enquête, les calculs de l'indicateur consisteront en des estimations sur l'utilisation fondées sur des fonctions de transfert.

*L'indicateur donnera une évaluation du risque relatif de contamination de l'eau par les pesticides employés en agriculture.*

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, aucun résultat n'est encore disponible.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Le développement de cet indicateur n'est pas encore assez poussé pour permettre une évaluation de la situation. Cependant, lorsque l'IRCE-Pest. sera au point, il devrait être sensible à l'adoption de pratiques bénéfiques qui touchent la quantité et le type de pesticide utilisé ainsi qu'aux conditions environnementales et agronomiques dans lesquels les pesticides sont employés. Les méthodes de gestion qui peuvent avoir un effet bénéfique sur la diminution du transport de pesticides de la zone d'application jusqu'à l'environnement sont, entre autres, la lutte intégrée (LI), les buses à faible dérive et l'établissement de bandes tampons.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Donald, D. B., N. P. Gurprassad, L. Quinnett-Abbott et K. Cash., 2001. *Diffuse geographic distribution of herbicides in northern prairie wetlands*. Environmental Toxicology and Chemistry. 20 : 273-279.

Frank, R., B. S. Clegg, B. D. Ripley et H. E. Braun. 1987. *Investigations of pesticide contamination in rural wells, 1979-1984, Ontario, Canada*. Archives of Environment Contamination and Toxicology. 16 : 9-22.

Frank, R., H. E. Braun, B. D. Ripley et B. S. Clegg, 1990. *Contamination of rural ponds with pesticide, 1971-85, Ontario, Canada*. Bulletin of Environment Contamination and Toxicology. 44 : 401-409.

Grover, R., D. T. Waite, A. J. Cessna, W. Nicholaichuk, D. G. Irvine, L. A. Kerr et K. Best, 1997. *Magnitude and persistence of herbicide residues in farm dugouts and ponds in the Canadian prairies*. Environmental Toxicology and Chemistry. 16 : 638-643.

Lampman, M., 1995. *Susceptibility of groundwater to pesticide and nitrate contamination in predisposed areas of southwestern Ontario*. Water Quality Research Journal of Canada. 30 : 443-468.

McNaughton, D.C. et A.S. Crowe, 1995. *Investigation of Pesticides in Groundwater at Three Irrigated Sites Near Outlook, Saskatchewan*. Water Quality Research Journal of Canada. 30 (3) : 399-427.

Rudolph, D. et M. Goss (éd.), 1993. *Ontario farm groundwater quality survey: summer, 1992*. Agriculture Canada, Federal-Provincial Land Management Assistance Program, Ottawa (Ont.). 162 p.

# 20. Agents pathogènes

**AUTEURS :**
E. Topp,
E. van Bochove,
G. Thériault,
F. Dechmi
et D. Lapen

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur du risque de contamination de l'eau par des agents pathogènes (IRCE – Path)

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*L'utilisation de fumier provenant de bovins, de porcins et de volailles pour optimiser la croissance de cultures peut présenter des risques pour la santé humaine et l'environnement, parce que l'on peut retrouver dans ces produits divers organismes pathogènes, y compris des bactéries, des virus et des parasites. Dans certaines conditions, les microorganismes pathogènes peuvent être lessivés des terres agricoles pour se retrouver dans l'eau souterraine ou dans l'eau de surface. On s'emploie à mettre au point un indicateur, l'indicateur du risque de contamination de l'eau par des agents pathogènes, afin d'évaluer la probabilité que des microorganismes pathogènes présents dans le fumier se retrouvent dans l'eau de surface. En premier lieu, l'indicateur sera axé sur les* entérobactéries.

## ■ L'ENJEU

Le fumier provenant des bovins, des porcs et des volailles est une source extrêmement valable d'éléments nutritifs dont se servent les producteurs pour optimiser la croissance de leurs cultures. Comme le fumier peut abriter des organismes pathogènes, y compris des bactéries, des virus et des parasites, l'utilisation de ces matières comme engrais peut présenter des risques pour la santé humaine et l'environnement. Dans certaines conditions, les microorganismes pathogènes présents dans le fumier entreposé ou épandu peuvent être lessivés des terres agricoles pour se retrouver dans l'eau souterraine ou dans l'eau de surface. Des taux élevés de contamination par ces organismes de l'eau servant aux activités récréatives ou de l'eau potable peuvent occasionner des maladies chez les humains, faire augmenter les coûts d'investissement dans le traitement des eaux ainsi que des pertes économiques résultant de l'impossibilité d'utiliser les plans d'eaux pour des activités récréatives. Ils peuvent également donner lieu à des restrictions plus rigoureuses en ce qui concerne l'expansion ou le choix des sites d'installations de productions animales.

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par des agents pathogènes (IRCE-Path) en est aux premières étapes de sa mise au point. Une fois son élaboration terminée, il servira à évaluer le risque d'exposition de l'eau à la pollution fécale d'origine agricole grâce aux éléments clés suivants :

- Épandage de fumier : le taux d'épandage du fumier influe sur le niveau de risque (qui est proportionnel au taux). Le risque est atténué par diverses méthodes d'épandage (p. ex., incorporation du fumier dans le sol).
- Entreposage du fumier : la durée d'entreposage et la forme du fumier entreposé peut influer sur son contenu en agents pathogènes (l'entreposage à plus long terme est préférable et le purin ou le lisier liquide présentent généralement moins de risque que la fraction solide du fumier).
- Traitement du fumier : Divers types de traitements peuvent réduire la concentration des agents pathogènes et le risque (p. ex., le *compostage*).
- Résistance : Une gamme de facteurs comme la température du sol pendant les périodes d'épandage du fumier peut influer sur la viabilité des agents pathogènes dans l'environnement.
- Considérations hydrologiques : Les grandes voies d'exposition (voie d'écoulement particulière, drainage, ruissellement) influent sur la distribution des agents pathogènes dans l'eau de surface et dans l'eau souterraine. Les caractéristiques des terres et du sol, comme la pente et la texture du sol, ainsi que la connexion avec les plans d'eau devront également être envisagées.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par des agents pathogènes sera calculé au niveau des polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC) et des bassins hydrologiques. La quantité et la qualité du fumier épandu sur les terres agricoles seront associées à une composante hydrologique permettant d'évaluer la probabilité que les microorganismes pathogènes présents dans le fumier se retrouvent dans l'eau de surface ou dans l'eau souterraine.

Les données sur la quantité de fumier utilisées pour les calculs selon les polygones des PPC sont déjà saisies dans la base de données du Recensement de l'agriculture. La variable correspond au cumul de la production annuelle de fumier calculée pour les grandes catégories d'animaux de ferme (bovins de boucherie, bovins laitiers, porcs, volaille, etc.). Les coefficients pondérés d'atténuation et d'amplification propres à la source de fumier, aux différentes méthodes de gestion (entreposage et traitement), aux conditions climatiques au moment de l'épandage et à toutes autres conditions qui influent directement sur la persistance des microorganismes seront inclus dans l'algorithme de l'indicateur. Même si ces coefficients peuvent être subjectifs, ils se fonderont sur des données scientifiques et seront approuvés par des experts provinciaux et fédéraux du sujet avant d'être utilisés pour calculer l'indicateur.

Le transport d'agents pathogènes sera évalué en fonction du ruissellement en surface et de l'écoulement immédiatement sous la surface ainsi que d'autres facteurs qui tiennent compte de la connexion hydrique entre les sources et les plans d'eau. On se servira d'une approche fondée sur l'équilibre sol-eau pour quantifier l'excès d'eau qui s'écoule à la surface des terres agricoles ou immédiatement sous leur surface, à l'aide du modèle modifié polyvalent de bilan hydrique du sol (Versatile Soil Moisture Budget) (Akinremi et coll. 1996). L'équilibre sol-eau sera calculé quotidiennement pour tenir compte de la durée de survie des agents pathogènes. La connexion hydrique entre les sources d'agents pathogènes et les plans d'eau sera alors modélisée en fonction des données suivantes : (i) propension d'une région à un écoulement excessif de l'eau (indice topographique); (ii) possibilité que des agents pathogènes soient lessivés de sols qui sont intensivement drainés (drainage par tuyaux enterrés, voie d'écoulement particulière; (iii) densité du drainage de surface (fossés, ruisseaux, rivières, étangs, lacs, etc.).

## ■ LIMITES

Il existe encore beaucoup de facteurs inconnus relativement au contenu pathogène de divers fumiers et à l'incidence particulière que divers traitements et voies d'exposition ont sur la persistance de ces microorganismes pathogènes dans l'environnement à la suite de l'épandage de fumier. De surcroît, l'évaluation des agents pathogènes dans le contexte de l'indicateur ne portera, du moins au début, que sur les bactéries pathogènes. On ne sait pas encore si la cinétique de la persistance et les voies d'exposition utilisées dans les calculs s'appliqueront à d'autres microorganismes d'intérêt (p. ex., entérovirus ou entéroparasites comme *Cryptosporidium*).

## ■ RÉSULTATS

L'indicateur est actuellement en cours d'élaboration et les résultats ne sont pas encore connus.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

La mise au point de l'indicateur n'est pas encore suffisamment avancée pour formuler des conseils particuliers au sujet des démarches que les producteurs des différentes régions du Canada pourraient adopter afin de minimiser le risque de contamination de l'eau par des microorganismes pathogènes. Toutefois, quand l'indicateur IRCE-Path sera parachevé, il pourra être adapté aux modifications clés des méthodes de gestion qui influent sur la quantité et les caractéristiques du fumier utilisé sur les terres agricoles, ainsi qu'aux conditions environnementales et agronomiques dans lesquelles ces méthodes sont appliquées. Il est vraisemblable que les méthodes de gestion bénéfiques qui peuvent réduire le mouvement des agents pathogènes incluent un éventail d'options de gestion du fumier en matière de traitement (p. ex., compostage), d'épandage (p. ex., taux) et d'utilisation des terres (p. ex., distances de décentrement), ainsi que des mesures de contrôle de l'érosion et de l'écoulement de surface comme des bandes riveraines.

## ■ BIBLIOGRAPHIE

Akinremi, O.O., S.M. McGinn et A.G. Barr, 1996. *Simulation of Soil Moisture and Other Components of the Hydrological Cycle Using a Water Budget Approach*. Revue canadienne de la science du sol. 76 (2) : 133-142.

Kirkby, M.J., 1975. "Hydrograph Modelling Strategies". Pages 69-90 dans *Processes in Physical and Human Geography*, R. Peel, M. Chisholm et P. Haggett (éd.). Heinemann, Londres (Angleterre).

U.S. Department of Agriculture, 1972. "Hydrology". Chapitre 10.5-10.6 dans *National Engineering Handbook*. USDA, Soil Conservation Service, Washington.

# Qualité de l'air

E

# 21. Gaz à effet de serre

**AUTEURS :**
R.L. Desjardins, X. Vergé, J. Hutchinson, W. Smith, B. Grant, B. McConkey, D. Worth.

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

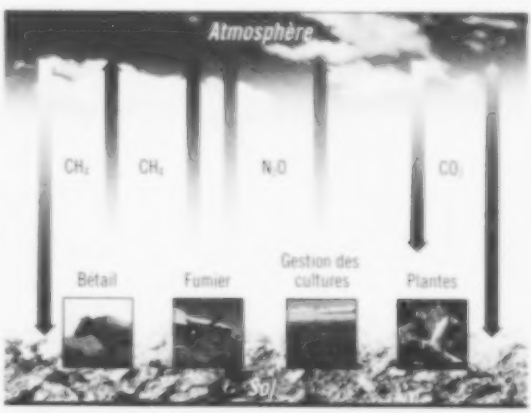
*En signant le Protocole de Kyoto, le Canada a pris l'engagement international de réduire, d'ici à 2012, ses émissions de gaz à effet de serre (GES) à une valeur de 6 p. 100 inférieure à celle de 1990. Le secteur agricole peut aider le Canada à atteindre cet objectif. Les GES d'origine agricole sont constitués de trois gaz : l'oxyde nitreux ($N_2O$), le méthane ($CH_4$) et le dioxyde de carbone ($CO_2$). En 2001, les émissions nettes de ces trois gaz attribuables aux pratiques des exploitations agricoles (excluant les émissions associées à l'utilisation de combustibles fossiles) ont été estimées à 53,1 Mt $CO_{2eq}$[1], soit environ 8 p. 100 des émissions totales de GES par le Canada. Entre 1981 et 2001, les émissions de GES d'origine agricole ont diminué de 6 p. 100 (3,4 Mt $CO_{2eq}$), dû en grande partie au fait que les sols agricoles sont passés de l'état de source de $CO_2$ (8,2 Mt) à celui de puits (-4,4 Mt). Au cours de la même période, les émissions d'oxyde nitreux ont augmenté de 24,7 à 31,7 Mt $CO_{2eq}$ et les émissions de méthane de 23,6 à 25,8 Mt $CO_{2eq}$. Améliorer les pratiques de gestion agricole peut permettre de réduire les émissions de GES et d'atténuer l'augmentation des teneurs en $CO_2$ dans l'atmosphère par séquestration (entreposage) du carbone dans les sols. De meilleures pratiques peuvent aussi permettre d'améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais, la gestion des terres et ainsi donner des avantages économiques aux agriculteurs.*

## ■ L'ENJEU

En seulement une décennie, l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est devenue un sujet de préoccupation mondiale. De récents rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2001) confirment l'augmentation des concentrations de GES liées aux activités humaines et leur influence probable sur le climat de la planète. Le protocole de Kyoto a été proposé comme un outil permettant de ralentir l'augmentation des concentrations de GES dans l'atmosphère. La réduction de ces émissions revêt une importance particulière pour un pays comme le Canada dont le taux d'émission par habitant est parmi les plus élevés au monde. Par l'intermédiaire du protocole de Kyoto, le Canada a donc pris l'engagement international de réduire, en 2012, ses émissions de GES à une valeur de 6 p. 100 inférieure à celle de 1990. Avec la récente entrée en vigueur du protocole, la demande de mise en œuvre de politiques pour réduire les GES s'intensifie, ainsi que celle de recourir à des méthodes cohérentes et transparentes pour calculer et déclarer les émissions nettes de GES aux échelles provinciale et nationale.

De nombreuses raisons justifient la réduction des émissions de GES d'origine agricole. Ainsi, les émissions directes de gaz à effet de serre par l'agriculture contribuent non seulement de façon appréciable aux émissions globales de GES par le Canada (estimées à 8 p. 100 des émissions globales du Canada en 2001, l'utilisation des combustibles fossiles exclue) mais indiquent également la perte d'éléments nutritifs au sein du système de production agricole et donc une perte potentielle de revenu pour l'agriculteur. Par ailleurs, l'agriculture est l'un des secteurs les plus vulnérables au changement climatique (changement des modes

***Figure 21-1 : Représentation conceptuelle du flux d'azote dans les agroécosystèmes***




[1] Mt $CO_{2eq}$ = 1 million de tonnes d'équivalents de dioxyde de carbone

de production, augmentation des dommages aux cultures, pénuries d'eau et des variations nouvelles et imprévisibles des interactions entre les cultures, les mauvaises herbes et les insectes). Par l'amélioration de ses pratiques de gestion, le secteur agricole peut réduire ses émissions de GES et atténuer l'augmentation des teneurs en $CO_2$ dans l'atmosphère par stockage du carbone dans les sols agricoles (voir le chapitre 14). Ce faisant, il aidera le Canada à honorer son engagement en matière de réduction des GES.

## ■ L'INDICATEUR

La figure 21-1 montre les principaux puits et sources de GES associés aux agroécosystèmes. L'Indicateur du bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole a été conçu pour estimer les émissions nettes à la ferme (émissions moins absorption) de trois gaz : l'oxyde nitreux, le méthane et le dioxyde de carbone.

Il existe trois sources d'émissions d'oxyde nitreux : (1) les émissions directes provenant des champs agricoles (attribuables aux engrais minéraux, au fumier utilisé comme engrais, aux résidus végétaux et à la culture des sols organiques); (2) les émissions directes issues des systèmes de production animale (collecte et entreposage du fumier et dépôt direct de fumier sur les pâturages par les animaux); et (3) les émissions indirectes (volatilisation et dépôt atmosphérique d'ammoniac, lessivage et entraînement de l'azote). Le méthane est principalement émis par le bétail, par la décomposition *anaérobique* du fumier et par les sols. À noter que ces derniers peuvent agir comme source ou comme puits de méthane selon les conditions d'humidité. Dans le présent rapport les émissions (ou absorptions) directes de dioxyde de carbone par les sols sont prises en comptes par l'Indicateur de matière organique des sols cultivés (voir le chapitre 14 pour plus de précisions). Il faut noter que le dioxyde de carbone est également émis par la combustion d'énergie fossile dans les machines agricoles et lors de la fabrication des engrais et des machines employés en agriculture. Cependant, ces sources indirectes de GES sont, en général, prises en compte dans les rapports sur le transport et le secteur manufacturier et ne sont donc pas incluses dans les estimations fournies dans le présent rapport.

L'objectif visé pour cet indicateur est la diminution des émissions nettes de GES avec le temps (un objectif de réduction particulier n'a pas encore été établi pour l'agriculture).

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

La méthode du GIEC a été utilisée pour calculer les émissions d'oxyde nitreux et de méthane et le modèle Century a été appliqué pour estimer l'échange net de dioxyde de carbone. La méthode du GIEC comprend trois étapes de base :

1) La collecte d'information (populations animales, quantité de fumier produite, type de système d'entreposage et de gestion du fumier, quantité d'engrais appliqué, type de culture, etc.)

2) Le choix des coefficients d'émission associés aux méthodes de gestion (extraits soit de documents ou bien fondés sur des données expérimentales).

3) Le calcul des émissions de GES (coefficients d'émission multiplié par les quantités, populations ou bien superficies correspondantes).

Les émissions de méthane sont liées à la fermentation entérique ou à la gestion du fumier. Pour la fermentation entérique les trois étapes ci-dessus sont exécutées à deux niveaux de détail (Vergé et coll. 2005). Le premier utilise des valeurs par défaut (coefficients d'émission donnés par le GIEC). Il a été utilisé pour calculer les émissions de méthane provenant d'animaux considérés comme étant des sources de moindre importance (ovins, caprins, chevaux, bisons et porcs). Le deuxième niveau utilise des données spécifiques au pays. Il a été utilisé pour calculer les émissions par des animaux classés parmi les principales sources de méthane (bovins laitiers et non laitiers). Pour la gestion du fumier, le deuxième niveau a été utilisé pour toutes les catégories de bétail.

Dans le cas de l'oxyde nitreux, la méthode du GIEC, récemment révisée et adaptée aux conditions du Canada, a été utilisée pour calculer les émissions (Hutchinson et coll. 2005).

Enfin, les émissions de dioxyde de carbone provenant des sols ont été estimées à l'aide du modèle Century (voir le chapitre 14).

Le Potentiel de réchauffement global (PRG) de chaque gaz a été utilisé pour pouvoir comparer et combiner dans une même valeur l'effet de différents gaz. Le PRG est la contribution de chaque gaz à l'effet de serre. Il dépend de leur capacité d'absorber le rayonnement et de leur temps de résidence dans l'atmosphère. Bien que des potentiels légèrement

différents aient été récemment estimés pour le méthane et l'oxyde nitreux (GIEC 2001), dans le présent document nous utiliserons ceux couramment utilisés pour la présentation des rapports prévus par le protocole de Kyoto : 1 pour le dioxyde de carbone, 21 pour le méthane et 310 pour l'oxyde nitreux (GIEC 1996). Ceci signifie qu'une molécule de méthane ou d'oxyde nitreux a un potentiel d'effet de serre de 21 et de 310 fois plus élevés, respectivement, que le dioxyde de carbone. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux ou de cartes et exprimés en mégatonne ou kilogramme d'équivalents dioxyde de carbone (Mt $CO_{2eq}$ ou kg $CO_{2eq}$). L'échelle d'émissions utilisée pour les cartes a été établies de façon à représenter le mieux possible les variation d'émissions dans l'ensemble du pays.

## ■ LIMITES

La méthode de calcul des GES développée par le GIEC (1996) est une méthode simplifiée pour pouvoir être utilisée à l'échelle mondiale. Elle ne tient pas compte des conditions locales du sol et du climat et n'a pas la précision qui sera bientôt exigée des signataires du protocole de Kyoto.

Pour mieux rendre compte de l'effet des méthodes de gestion agricole canadiennes sur les mécanismes d'absorption ou d'émission d'oxyde nitreux, de méthane et de dioxyde de carbone, des coefficients d'émission révisés ont été utilisés à chaque fois que cela a été possible. Cependant, beaucoup d'incertitudes demeurent en raison de la complexité des interactions entre sol, cultures et climat. À mesure que des données particulières aux conditions canadiennes deviendront disponibles, des coefficients d'émission plus précis seront employés.

*Entre 1981 et 2001, les émissions nationales nettes de GES d'origine agricole sont passées de 56,5 Mt $CO_{2eq}$ à 53,1 Mt $CO_{2eq}$.*

## ■ LES RÉSULTATS

Le tableau 21-1 présente l'évolution des émissions nettes de GES par l'agriculture canadienne au cours des cinq dernières années de recensement. Ce tableau présente les émissions des trois principaux

***Tableau 21-1: Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole (excluant l'utilisation de combustibles fossiles) en Mt d'éq. $CO_2$, 1981 à 2001***

Émissions de gaz à effet de serre (Mt d'éq. $CO_2$)

| Province | Méthane ($CH_4$) | | | | | Oxyde nitreux ($N_2O$) | | | | | Dioxyde de carbone($CO_2$) | | | | | Émissions nettes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 81 | 86 | 91 | 96 | 01 | 91 à 01 |
| C.-B. | 1,7 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,9 | 2,3 | 2,2 | 2,5 | 2,4 | 10 % |
| Alb. | 6,3 | 5,8 | 7,0 | 8,5 | 9,8 | 6,6 | 6,6 | 7,3 | 8,9 | 9,5 | 3,4 | 3,2 | 2,7 | 1,6 | 0,3 | 16,4 | 15,7 | 17,0 | 19,1 | 19,5 | 15 % |
| Sask. | 3,4 | 3,0 | 3,2 | 4,2 | 4,1 | 4,6 | 6,0 | 5,6 | 8,5 | 8,0 | 2,7 | 2,6 | 1,1 | -2,4 | -4,6 | 10,7 | 11,6 | 9,9 | 10,3 | 7,6 | -24 % |
| Man. | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 2,4 | 2,6 | 2,9 | 3,5 | 3,7 | 4,5 | 4,7 | 1,4 | 1,3 | 0,7 | 0,1 | -0,3 | 6,2 | 6,7 | 6,3 | 7,0 | 7,0 | 11 % |
| Ont. | 5,2 | 4,6 | 4,3 | 4,3 | 4,0 | 6,1 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 4,9 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 11,7 | 10,5 | 9,7 | 9,5 | 9,0 | -7 % |
| Qc | 4,1 | 3,7 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 3,0 | 2,9 | 0,0 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 7,1 | 6,5 | 6,2 | 6,5 | 6,3 | 1 % |
| Atlantique | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 4 % |
| **Canada** | **23,6** | **20,9** | **21,8** | **25,0** | **25,8** | **24,7** | **26,1** | **25,8** | **31,4** | **31,7** | **8,2** | **7,7** | **5,0** | **-0,3** | **-4,4** | **56,5** | **54,7** | **52,5** | **56,1** | **53,1** | **1 %** |

*Figure 21-2 : Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2001*

gaz associés à l'agriculture ainsi que les émissions totales nettes de GES. Il donne également le pourcentage de variation des émissions nettes entre 1991 (année de recensement la plus proche de l'année de référence du protocole de Kyoto) et 2001. La figure 21-1 illustre la distribution géographique des émissions nettes de GES au Canada en 2001. Comme cela a été précédemment signalé, les résultats présentés ici ne prennent pas en compte les sources indirectes d'émissions de dioxyde de carbone. Ces estimations sont cependant disponibles en ligne (Desjardins *et al.*, 2005).

**Canada :** Entre 1981 et 2001, les émissions nationales nettes des d'origine agricole ont diminué de 56,5 Mt $CO_{2eq}$ à 53,1 Mt $CO_{2eq}$ malgré l'augmentation des émissions d'oxyde nitreux (7,0 Mt d'éq. $CO_2$) et de méthane (2,2 Mt d'éq. $CO_2$). Cette diminution est attribuable à une forte augmentation du taux de séquestration du carbone dans les sols qui, de l'état de source (8,2 Mt $CO_{2eq}$ en 1981), est passé à celui de puits (-4,4 Mt $CO_{2eq}$ en 2001). La distribution et l'importance des émissions de GES dans l'ensemble du pays (figure 21-2) sont directement liées à la superficie et à l'importance de la production agricole.

**Colombie-Britannique :** Il y a eu une faible diminution (-0.5 MT $CO_{2eq}$ ) des émissions nettes de GES en Colombie-Britannique entre 1981 et 2001, principalement en raison d'une diminution des émissions de méthane (-0.3 MT $CO_{2eq}$). Pour l'oxyde nitreux et de dioxyde de carbone, les changements sont peu important.

**Alberta :** De toutes les provinces, l'Alberta a connu la plus importante augmentation des émissions de GES entre 1981 et 2001, passant de 16,4 à 19,5 Mt $CO_{2eq}$ en lien avec l'augmentation des émissions de méthane (3,5 Mt $CO_{2eq}$) et d'oxyde nitreux (2,9 Mt $CO_{2eq}$). Ces hausses ont été en partie atténuées par une réduction des émissions de $CO_2$ (-3,1 Mt $CO_{2eq}$).

**Saskatchewan :** Les émissions en Saskatchewan ont diminué de 3,1 Mt $CO_{2eq}$ entre 1981 et 2001. Cette tendance s'explique par le fait que les sols agricoles sont passés de l'état de source de $CO_2$ en 1981 (2,7 Mt $CO_{2eq}$) à celui de puits (-4,6 Mt $CO_{2eq}$) en 2001, ce changement ayant été suffisant pour compenser les hausses des émissions de méthane et d'oxyde nitreux au cours de cette période (0,7 Mt $CO_{2eq}$ et 3,4 Mt $CO_{2eq}$ respectivement).

**Manitoba :** Les émissions de GES du Manitoba ont progressé de 0,8 Mt $CO_{2eq}$ entre 1981 et 2001. Comme en Saskatchewan, les sols sont passés de l'état de source de $CO_2$ (1,4 Mt d'éq. $CO_2$) à celui de puits (-0,3 Mt d'éq. $CO_2$). Cependant, cette réduction n'a pas été aussi appréciable que l'augmentation combinée des émissions de méthane (0,6 Mt d'éq. $CO_2$) et d'oxyde nitreux (1,8 Mt d'éq. $CO_2$).

**Ontario :** Les émissions de l'Ontario ont diminué de 2,7 Mt $CO_{2eq}$ entre 1981 et 2001, et cette tendance à la baisse s'est manifestée pour les trois GES : méthane ( 1,2 Mt d'éq. $CO_2$), oxyde nitreux (-1,2 Mt d'éq. $CO_2$) et $CO_2$ (-0,3 Mt d'éq. $CO_2$).

**Québec :** Les émissions du Québec ont diminué légèrement (-0,8 Mt d'éq. $CO_2$) entre 1981 et 2001. Cette diminution est attribuable à une baisse des émissions de méthane ( 0,8 Mt d'éq. $CO_2$) et d'oxyde nitreux (-0,1 Mt d'éq. $CO_2$), alors que les émissions de $CO_2$ ont augmenté légèrement (0,1 Mt d'éq. $CO_2$).

**Provinces de l'Atlantique :** Les émissions combinées de GES dans les quatre provinces de l'Atlantique ont diminué de 0,2 Mt $CO_{2eq}$ ces 20 dernières années en lien avec la baisse des émissions de $CO_2$ et de méthane. Les résultats obtenus pour les provinces de Terre-Neuve-et-Labrador, de l'Île-du-Prince-Édouard, de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick ont été combinés car leurs émissions sont faibles.

## ■ INTERPRÉTATION

Les émissions nationales nettes de GES agricole, qui ont fortement augmentés en 1996, se rapprochent maintenant de celles calculées en 1991, année de comparaison la plus proche de la date de référence (1990) utilisée par le protocole de Kyoto. Cette diminution est principalement liée aux changements d'utilisation et de gestion des terres conduisant à une réduction des superficies en jachères et à une augmentation des terres faiblement labourées ou sans labour. Ces pratiques ont contribué à augmenter considérablement le taux de séquestration du carbone dans les sols agricoles des provinces des Prairies en ralentissant la décomposition des résidus végétaux. La même évolution est observée pour les sols agricoles de la Colombie-Britannique et de l'Est du Canada, mais son importance est beaucoup plus faible que dans

les sols des Prairies. En conséquence, à l'échelle nationale, le taux de séquestration du carbone par les sols agricoles entre 1981 et 2001 a plus que compensé l'importante augmentation des émissions d'oxyde nitreux et de méthane.

À l'échelle nationale, les émissions d'oxyde nitreux ont augmenté de 28 p. 100 entre 1981 et 2001. Les plus fortes hausses ont eu lieu dans les provinces des Prairies, principalement en raison de la forte augmentation de l'utilisation d'engrais azotés. Ce fait est particulièrement vrai en Saskatchewan où les ventes d'engrais ont progressé de plus de 200 p. 100 entre 1981 et 2001. La méthode traditionnelle de la sous-fertilisation ayant été moins utilisée afin de mieux équilibrer le ratio retrait/remplacement d'azote dans les sols des Prairies. Dans les provinces de l'Atlantique et en Colombie-Britannique, les émissions sont demeurées pratiquement inchangées entre 1981 et 2001, alors qu'elles ont diminué au Québec et en Ontario. Cette tendance à la baisse suit la diminution de 17 p. 100 des ventes d'engrais azotés en Ontario et celle des émissions provenant des animaux et des entrepôts de fumier en Ontario et au Québec. Cette dernière évolution est liée à la diminution de la population des bovins laitiers et de boucherie. Ceci est discuté plus en détail dans le paragraphe suivant.

La source principale des émissions de méthane est la fermentation entérique. Elle représente 85 p. 100 du méthane émis par le bétail. Les 15 p. 100 restant proviennent de la décomposition anaérobique du fumier. L'augmentation nationale des émissions de méthane observée entre 1981 et 2001 est largement attribuable à une augmentation de la fermentation entérique due à l'accroissement des populations de bovins de boucherie. L'évolution des émissions de méthane n'a pas été uniforme pour l'ensemble du pays. Elles ont diminué ou sont restées constantes dans l'Est du Canada alors qu'elles augmentaient dans l'Ouest. Cette différence est principalement attribuable au type d'élevage bovin et aux évolutions différentes des populations animales entre l'Est et l'Ouest du Canada. Dans les provinces de l'Est la population de vaches laitières a fortement diminué. De 1,4 millions de têtes en 1981, celle-ci est passé à 0,8 million en 2001. De même, la population de bovins de boucherie dans l'Est a diminué depuis 1981, à l'exception du Québec (+0.1 M de têtes). Comme le coefficient d'émission de méthane des vaches laitières est pratiquement le double de celui des bovins de boucherie, la réduction du nombre de vaches laitières a donné lieu à une baisse nette des émissions de méthane dans l'Est du Canada. Par contre, bien que, dans les provinces de l'Ouest, la population de bovins laitiers ait diminué de moitié environ (de 0,4 million de têtes en 1981 à 0,2 million en 2001), les émissions de méthane ont augmentées. Ceci est dû à l'augmentation considérable de la population de bovins de boucherie, qui est passée de 7,4 millions de têtes en 1981 à 10,7 millions en 2001.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Par l'amélioration des méthodes de gestion (période ou quantités de fertilisants appliqués par exemple) de nombreuses options s'offrent aux agriculteurs canadiens pour réduire les émissions de GES et accroître le taux de séquestration de $CO_2$ dans le sol (Janzen et coll. 1999). En améliorant l'efficacité des engrais et de la gestion des terres, celles-ci peuvent également être profitables aux producteurs.

Les mêmes objectifs peuvent être poursuivis par l'utilisation des pratiques recommandées de conservation des sols et ainsi, augmenter la part des cultures fourragères dans les rotations, réduire le travail du sol, diminuer la superficie des terres en jachères et convertir des terres agricoles marginales en prairies permanentes.

La principale source d'émission de méthane est la fermentation entérique. Il est possible de la réduire en changeant l'alimentation des animaux en leur donnant, par exemple, des aliments qui se digèrent plus facilement et rapidement comme les céréales, les légumineuses, l'ensilage ou des fourrages à un stade de croissance plus précoce; en leur donnant, au besoin, des suppléments concentrés ou corps gras (huiles) à leur régime. Le méthane est aussi produit lors de l'entreposage et de la décomposition du fumier. Si celui-ci est conservé sous forme liquide ou bien empilé et mal aéré, l'absence d'oxygène empêche la décomposition totale de la matière organique en dioxyde de carbone et produit du méthane. Il est ainsi possible de réduire ces émissions par une meilleure aération du fumier, par une diminution du temps d'entreposage et en diminuant les quantités de litière qui s'y trouvent.

Les émissions d'oxyde nitreux sont habituellement associées à une accumulation de nitrate ($NO_3^-$) dans les sols. Pour minimiser cette accumulation, les pratiques agricoles suivantes peuvent être utilisées : n'appliquer que les quantités d'engrais nécessaires aux besoins des cultures, utiliser des engrais à libération lente, éviter des applications excessives de fumier, optimiser la période d'application et la manière dont sont appliqués les engrais et implanter des cultures de couverture.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Desjardins, R.L., X. Vergé, J. Hutchinson, W. Smith, B. Grant, B. McConkey et D. Worth, 2005. *The Greenhouse Gas Indicator for Canadian Agriculture*. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa (Ont.).

Hutchinson, J.J., R.L. Desjardins, D. Worth et X. Vergé, 2005. *Agri-Environmental Indicator, Greenhouse Gas Emissions: Nitrous Oxide Component*. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa (Ont.).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1997. "Chapter 4, Agriculture" dans *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Reference Manual, Vol. 3*. IPCC, Bracknell (UK). http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell et C.A. Johnson (éd). Cambridge University Press, Cambridge (UK), 881 pages http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm

Janzen, H.H., R.L. Desjardins, J.M.R. Asselin et B. Grace, 1998. La santé de l'air que nous respirons : Vers une agriculture durable au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.). http://res2.agr.ca/publications/ha/index_f.htm

Vergé, X., R.L. Desjardins D. Worth et J. Hutchinson, 2005. *Agri-Environmental Indicator, Greenhouse Gas Emissions: Methane Component*. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa (Ont.).

# 22. Ammoniac

**AUTEURS :**
S.C. Sheppard, S. Bittman et J. Tait

**TITRE DE L'INDICATEUR :**
Émissions d'ammoniac d'origine agricole

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Les effets des émissions d'ammoniac ($NH_3$) sur l'environnement et la santé suscitent des préoccupations dans de nombreux pays, en particulier les possibilités de toxicité directe pour la végétation naturelle, d'eutrophisation des eaux superficielles et de production de fines matières particulaires. On met au point actuellement un indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole pour évaluer la contribution du secteur agricole à ce problème. L'indicateur sera fondé sur la quantité d'azote ammoniacal total (AAT) et couvrira les aspects de la gestion de l'azote des aliments du bétail et de la gestion du fumier ainsi que des engrais comme sources. Plusieurs approches peuvent être utilisées pour diminuer la quantité d'azote ammoniacal total dans le fumier ou pour réduire la libération d'ammoniac provenant des bâtiments d'élevage, des installations de stockage du fumier et de son épandage sur les terres agricoles.*

## ■ L'ENJEU

Au Canada, les sources anthropogéniques d'émissions d'ammoniac dans l'atmosphère sont surtout les activités agricoles, principalement la production animale. Seule une faible proportion (environ un cinquième) de l'azote consommé par les animaux d'élevage par leurs aliments est retenue par l'animal; le reste est éliminé dans les fèces, l'urine et l'acide urique (volaille). Une partie de cet azote (en particulier de l'urine) sera transformée en ammoniac et volatilisée peu après l'excrétion ou durant l'entreposage et l'épandage du fumier. Les engrais, en particulier les engrais ammoniacaux et uréiques, sont une autre source possible d'ammoniac.

L'ammoniac ($NH_3$) est un gaz incolore, plus léger que l'air, à l'odeur âcre. Dans l'atmosphère, des concentrations excessives d'ammoniac ont été associées localement (0,1 à 10 km de la source d'émission) à une toxicité directe pour la végétation et à l'eutrophisation des environnements sensibles à l'azote (Sheppard 2002). À une plus grande échelle, celle de la région (10-100 km de la source), l'ammoniac contribue aux pluies acides et est un précurseur de la formation d'aérosols. Ces aérosols, en particulier le sulfate et le nitrate d'ammonium, se forment dans l'atmosphère et contribuent à l'apparition de fines *particules en suspension* ($PM_{2,5}$), qui sont liées à la formation du *smog* et à d'éventuels effets sur la santé (voir le chapitre 23). Il existe deux grandes régions où le smog est attribuable au $NH_3$ au Canada : la vallée du Fraser et le corridor Windsor-Montréal.

Des craintes sur son rôle de précurseur d'effets sur l'environnement et la santé ont conduit Environnement Canada à déclarer l'ammoniac une substance toxique en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) en juin 2003. De nombreux pays, d'Europe et d'Amérique du Nord en particulier, sont sensibilisés à ce problème, comme en atteste l'inclusion de l'ammoniac dans le Protocole international de Göteborg, qui prescrit que tous les pays signataires doivent déterminer quantitativement et réduire leurs émissions par rapport aux niveaux de 1990.

## ■ L'INDICATEUR

Bien qu'il existe plusieurs options pour la formulation de base de l'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole, les approches utilisées dans d'autres parties du monde, notamment en Europe, pourraient ne pas convenir à la situation canadienne. Les grandes variations saisonnières du climat et des activités du Canada, ainsi que l'attention portée aux émissions d'ammoniac en tant que précurseur des épisodes de smog (et non pas seulement en tant que toxique pour la végétation ou facteur d'eutrophisation) ont de profondes répercussions tant sur la formulation du modèle d'indicateur que sur la sélection des valeurs des paramètres.

*Figure 22-1 : Modèle conceptuel du flux d'azote ammoniacal total dans les systèmes de production animale*

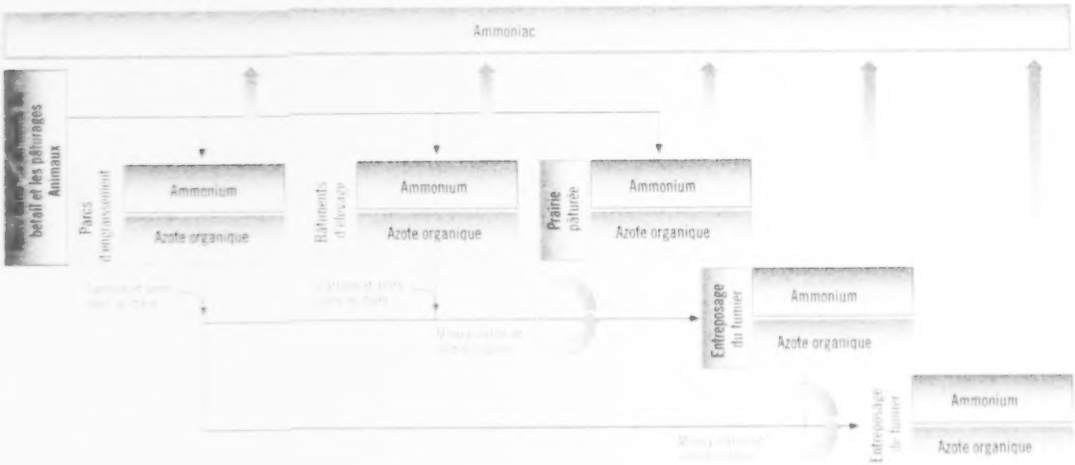
En conséquence, l'indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole envisage :

- sera un indicateur des émissions totales (les dépôts et les émissions nettes seront considérés ultérieurement);
- sera fondé sur des estimations des émissions pour certaines portions de l'année afin de tenir compte de la saisonnalité de la formation de particules en suspension, ce qui n'est pas fait pour d'autres indicateurs nationaux;
- sera calculé pour des polygones géographiques qui englobent des sources de co-précurseurs du smog, comme des émissions non agricoles (urbaines/industrielles) d'oxydes de soufre ($SO_x$) et, dans une moindre mesure, d'oxydes nitreux ($NO_x$);
- reposera sur la quantité d'azote ammoniacal total (AAT), qui sera suivie de l'excrétion jusqu'à l'épandage;
- inclura tous les aspects de la gestion de l'azote des aliments du bétail;
- comprendra les sources constituées par les engrais;
- inclura les relations fonctionnelles avec des variables climatiques comme la température.

## MÉTHODE DE CALCUL

La structure de base du modèle de l'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole est illustrée à la figure 22-1. Le modèle commence avec le nombre d'animaux dans un secteur donné de l'élevage. On estime l'azote ammoniacal total (AAT) qui est excrété. On suppose que les animaux sont logés ou nourris ou qu'ils sont en pâturage, et un nombre limité de types de bâtiments d'élevage est considéré. Les méthodes de manutention, d'entreposage et d'épandage du fumier varient selon les systèmes d'élevage. L'expression « chaînes de gestion du fumier » a été utilisée pour décrire la série d'étapes comprises dans une approche donnée

*Figure 22-1 : Modèle conceptuel du flux d'azote ammoniacal total dans les systèmes de production animale*



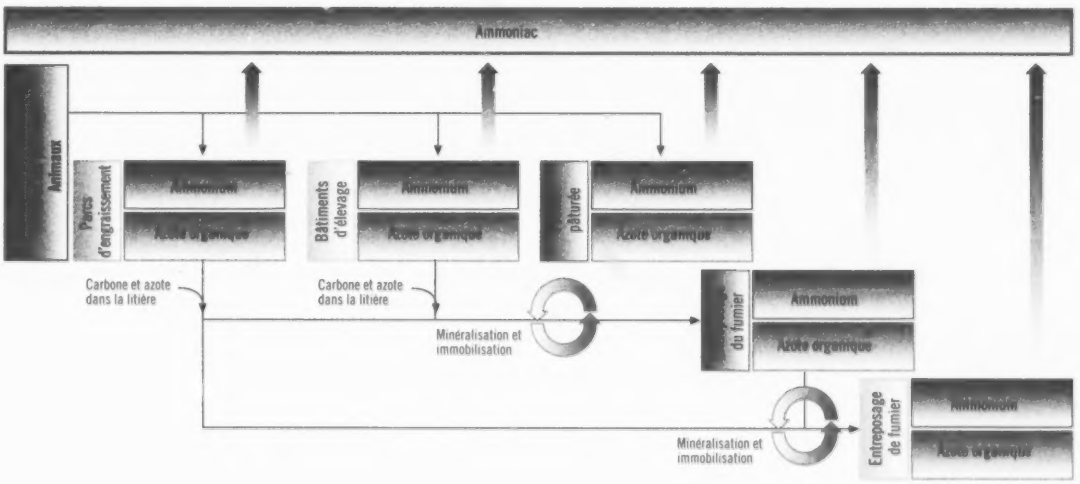
En conséquence, l'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole envisagé :

- sera un indicateur des émissions totales (les dépôts et les émissions nettes seront considérés ultérieurement);
- sera fondé sur des estimations des émissions pour certaines portions de l'année afin de tenir compte de la saisonnalité de la formation de particules en suspension, ce qui n'est pas fait pour d'autres indicateurs nationaux;
- sera calculé pour des polygones géographiques qui englobent des sources de co-précurseurs du smog, comme des émissions non agricoles (urbaines/industrielles) d'oxydes de soufre ($SO_x$) et, dans une moindre mesure, d'oxydes nitreux ($NO_x$);
- reposera sur la quantité d'azote ammoniacal total (AAT), qui sera suivie de l'excrétion jusqu'à l'épandage;
- inclura tous les aspects de la gestion de l'azote des aliments du bétail;
- comprendra les sources constituées par les engrais;
- inclura les relations fonctionnelles avec des variables climatiques comme la température.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

La structure de base du modèle de l'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole est illustrée à la figure 22-1. Le modèle commence avec le nombre d'animaux dans un secteur donné de l'élevage. On estime l'azote ammoniacal total (AAT) qui est excrété. On suppose que les animaux sont logés ou nourris ou qu'ils sont en pâturage, et un nombre limité de types de bâtiments d'élevage est considéré. Les méthodes de manutention, d'entreposage et d'épandage du fumier varient selon les systèmes d'élevage. L'expression « chaînes de gestion du fumier » a été utilisée pour décrire la série d'étapes comprises dans une approche donnée

***Figure 22-1 : Modèle conceptuel du flux d'azote ammoniacal total dans les systèmes de production animale***



de la gestion du fumier. Une fois que la quantité d'AAT a été répartie entre les chaînes de gestion, les émissions sont estimées pour chaque activité à l'aide de valeurs publiées de facteurs d'émission (FE) (corrigées pour tenir compte de la situation au Canada – par exemple, des variations de température).

Ce processus de calcul est repris pour les divers secteurs de la production animale (volaille, porc, bœuf et bovin laitier), et à l'intérieur de ces secteurs, un inventaire distinct est dressé pour diverses classes d'animaux (p. ex., les verrats, les truies et les porcs d'engraissement dans le secteur porcin). Les émissions totales d'ammoniac sont additionnées pour tous les secteurs et toutes les classes de la production animale et pour toutes les étapes de la gestion du fumier. Les valeurs obtenues sont majorées d'une estimation des émissions de $NH_3$ provenant des pâturages et des engrais. Ces calculs seront effectués pour des périodes précises de l'année. Les résultats seront exprimés en émissions annuelles (p. ex., en Gg de $NH_3$ $an^{-1}$) d'ammoniac pour contribuer aux efforts de production de rapports et aux comparaisons effectuées à l'échelle internationale. Cependant, cette valeur annuelle aura une signification moins directe pour les intervenants, car elle englobe toutes les régions et tous les secteurs. En conséquence, pour obtenir une image des effets régionaux et saisonniers, des formulations additionnelles seront calculées et pourront être liées à diverses unités cartographiques, comme la vallée du Fraser et le corridor Windsor-Montréal.

*Au Canada, les sources anthropogéniques d'émissions d'ammoniac dans l'atmosphère sont surtout les activités agricoles, principalement la production animale.*

La disponibilité de données récentes et précises sur les activités et les pratiques agricoles revêt une importance déterminante dans le calcul de l'indicateur. Par exemple, il faut de l'information sur la quantité d'azote dans le régime des animaux, sur la ventilation des logements et sur les méthodes d'enlèvement, d'entreposage et d'épandage du fumier. Il faudra des enquêtes sur les activités agricoles ainsi que des opinions d'experts pour obtenir des données crédibles sur les activités utilisables dans la détermination de l'Indicateur des émissions d'ammoniac.

## ■ LIMITES

La disponibilité de données exhaustives sur les activités constitue une des principales limites. Le modèle nécessite beaucoup de données pour plus d'une centaine de paramètres. Les données sur le recensement des animaux sont les moins problématiques. Les données sur les activités de gestion qui seront utilisées pour définir et catégoriser les pratiques de gestion du fumier seront recueillies largement à partir d'enquêtes et d'entrevues d'agriculteurs. Les lacunes et les imprécisions des données pourraient découler du mécanisme d'enquête ainsi que de la catégorisation qui peut masquer d'importantes précisions.

L'autre élément d'incertitude réside dans les valeurs des facteurs d'émission (FE). Peu de facteurs ont été mesurés au Canada, et il existe de grandes incertitudes concernant la méthode d'obtention et l'applicabilité des facteurs mesurés à l'étranger. Il faudra des méthodes d'extrapolation pour adapter les données sur les FE obtenues d'Europe aux conditions canadiennes, en particulier pour tenir compte des effets du climat et de la saisonnalité. Il existe également des activités importantes au Canada qui n'ont pas été suffisamment étudiées en Europe. Ce sont, entre autres, le pâturage extensif, parfois sur des sols gelés, avec des sources centralisées d'eau, et les parcs d'engraissement de bovins sur des sols compactés ou gelés.

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les émissions d'ammoniac sont liées à la plupart des grands segments de l'industrie animale et à l'utilisation de fertilisants contenant de l'urée ou de l'ammoniac. Comme le nombre de mesures d'atténuation possible est élevé, il semblerait plus profitable d'insister sur des composantes qui couvrent également d'autres aspects de la gestion des éléments nutritifs. Par exemple, l'alimentation

par étape et les techniques connexes qui permettent d'harmoniser la quantité d'azote des aliments du bétail aux besoins particuliers des animaux en protéines diminueraient la quantité d'azote ammoniacal total dans le fumier et pourrait faire baisser les coûts de l'alimentation du bétail. De la même façon, sur les terres à pâturage, la proportion de légumineuses dans le peuplement pourrait être partiellement gérée afin de l'adapter aux besoins nutritionnels. D'après notre analyse de sensibilité, une meilleure gestion de l'azote dans le régime des animaux constitue la stratégie la plus simple et la plus efficace d'atténuation des émissions et une stratégie qui peut réduire les apports d'ammoniac dans les systèmes agricoles. En revanche, toutes les autres mesures d'atténuation visent à diminuer la libération d'ammoniac par les systèmes.

L'autre pratique la plus bénéfique réside peut être dans l'amélioration de la technologie d'épandage. Il est possible de diminuer les facteurs d'émission de valeurs bien supérieures à 50 p. 100 à près de zéro, si le fumier n'est pas étendu en surface mais plutôt injecté ou rapidement incorporé au sol. De la sorte, on économise également de l'azote en vue de la production végétale et l'on peut améliorer l'assimilation d'autres éléments nutritifs. Pour finir, il existe des techniques permettant de réduire la libération d'ammoniac par les logements et les installations d'entreposage, qui, pour la plupart, supposent l'atténuation des odeurs (p. ex., recouvrir les installations de stockage du fumier).

Il faut garder à l'esprit que ces mesures d'atténuation ne sont pas nécessairement additives. Il pourrait bien ne pas être possible de réduire les émissions à toutes les étapes de la manutention du fumier. En pratique, la réduction des émissions d'ammoniac à une étape pourrait en fait conduire à une augmentation des émissions relatives à l'étape ultérieure. Pour cela, il est probablement prudent de lier les stratégies d'atténuation des émissions d'ammoniac à des approches qui préservent également la qualité nutritive du fumier et qui diminuent les odeurs.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (UNECE). 1999. *Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique*. UNECE, Göteborg (Suède). http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.htm

Environnement Canada et Santé Canada. 1999. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/gene_info/default.cfm.

Sheppard, S.C., 2002. *Three Approaches to Define the Ecotoxicity Threshold for Atmospheric Ammonia*. Revue canadienne de la science du sol, 82 (3) : 341-354.

Sheppard, S.C., S.G. Sommer et S. Bittman, 2004. *Plan for Developing a Canadian Environmental Indicator for Ammonia Emissions From Agricultural Sources*. Agriculture and Agri-Food Canada, Agassiz (B.C.).

# 23. Particules en suspension

**AUTEURS :**
G. Edwards
et E. Pattey

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur des émissions de particules par l'agriculture

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*L'émission de particules (PM) par les activités agricoles constitue une nouvelle préoccupation liée à la qualité de l'air dans le secteur agricole aujourd'hui. La présence de particules en suspension dans l'air ambiant a été associée à des effets négatifs sur la santé des êtres humains et des animaux et sur l'environnement. Même en l'absence d'un inventaire complet des émissions, nous savons que le secteur est à l'origine d'une proportion appréciable des particules totales générées par des sources anthropiques, c'est-à-dire humaines. On met actuellement au point un indicateur (c.-à-d. l'Indicateur des émissions de particules par l'agriculture ou IEPA) pour évaluer l'étendue et les tendances des émissions par l'agriculture de particules dans l'atmosphère. L'IEPA servira à suivre les progrès réalisés sous l'effet de la mise en œuvre de mesures et de politiques correctives.*

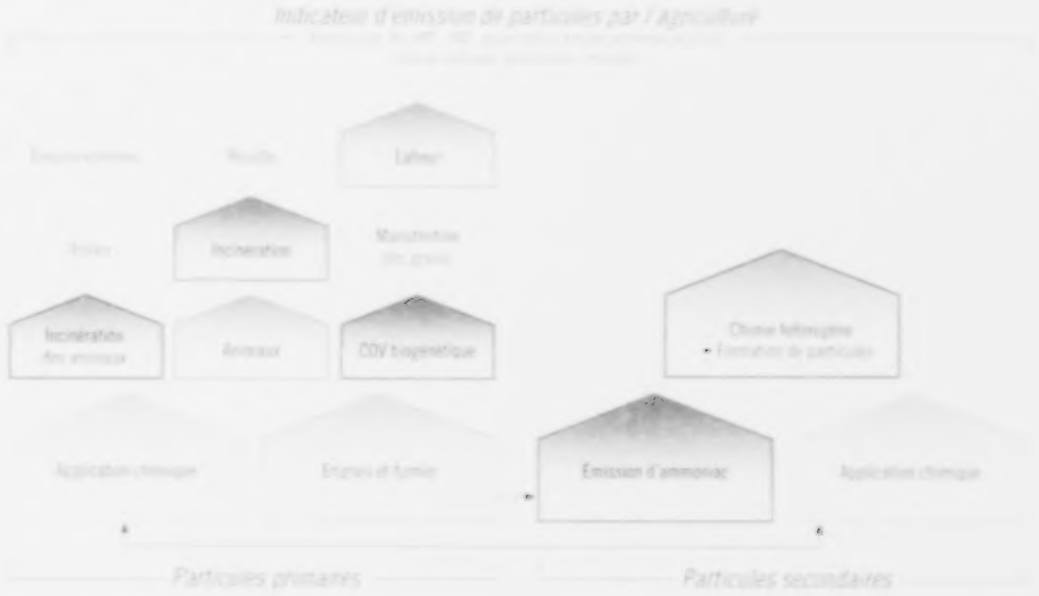
## ■ L'ENJEU

« Particules en suspension » est l'expression générale désignant un mélange de particules solides et de gouttelettes de liquide en suspension dans l'air. Certaines particules sont suffisamment grosses pour être vues et sont appelées poussière ou saleté, alors que d'autres sont si petites qu'elles ne peuvent être décelées qu'à l'aide d'un microscope électronique. « Le total des particules en suspension (TPS) » décrit la quantité de particules en suspension dans l'atmosphère, soit les particules de toutes tailles inférieures à 100 µm. $PM_{10}$ comprend les particules inférieures à 10 µm, alors $PM_{2,5}$ englobe les particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm. Les émissions de $PM_{2,5}$ sont celles qui posent le plus de problèmes, car elles peuvent voyager sur de longues distances et causer le plus de préjudices. Les particules en suspension sont aussi qualifiées de particules « primaires » ou « secondaires », selon leur origine. Les particules primaires, comme la poussière des routes ou le carbone noir (suie) des sources de combustion, sont libérées directement dans l'atmosphère. De leur côté, les particules secondaires se forment dans l'atmosphère à partir d'émissions gazeuses primaires. Les particules secondaires découlant des émissions d'ammoniac par l'agriculture forment une proportion appréciable des émissions totales de $PM_{2,5}$ dans l'atmosphère.

De nombreuses études épidémiologiques réalisées dans le monde entier ont montré l'existence d'un lien positif entre les concentrations ambiantes de particules et les effets négatifs sur la santé (Lippmann 1998), comme une augmentation du recours aux bronchodilatateurs (Pope 1991), des bronchites et des toux chroniques chez les enfants (Dockery et coll. 1989). Les particules en suspension peuvent aussi être dangereuses en raison de leurs caractéristiques chimiques et physiques; elles peuvent aussi entraver certains mécanismes des voies respiratoires; ou elles peuvent transporter certaines autres substances dangereuses. Les effets possibles des particules en suspension sur l'environnement sont, entre autres, le changement climatique, la réduction de la visibilité, la déplétion de l'ozone stratosphérique et la pollution de l'air (p. ex., les pluies acides, le smog).

Il existe de nombreuses sources anthropiques de particules, notamment les sources agricoles. L'inventaire des émissions actuelles au Canada montre que l'agriculture apporte une portion appréciable des quantités de particules libérées dans l'atmosphère (13 p. 100 du TPS, 20 p. 100 des $PM_{10}$ et 15 p. 100 des $PM_{2,5}$). Pour l'heure, cet inventaire ne tient pas compte d'autres sources connues d'émissions par l'agriculture, comme les installations d'alimentation animale, la combustion des produits agricoles ou les particules secondaires créées à partir d'émissions d'ammoniac. L'identification des sources agricoles de particules représente une étape importante vers l'évaluation de l'effet de ces émissions et la mise au point/le développement de pratiques agricoles qui pourraient atténuer ces effets éventuels sur la santé des êtres humains et des animaux, ainsi que sur l'environnement.

*Figure 23-1 : Cadre conceptuel de l'indicateur des émissions de particules par l'agriculture*




## L'INDICATEUR

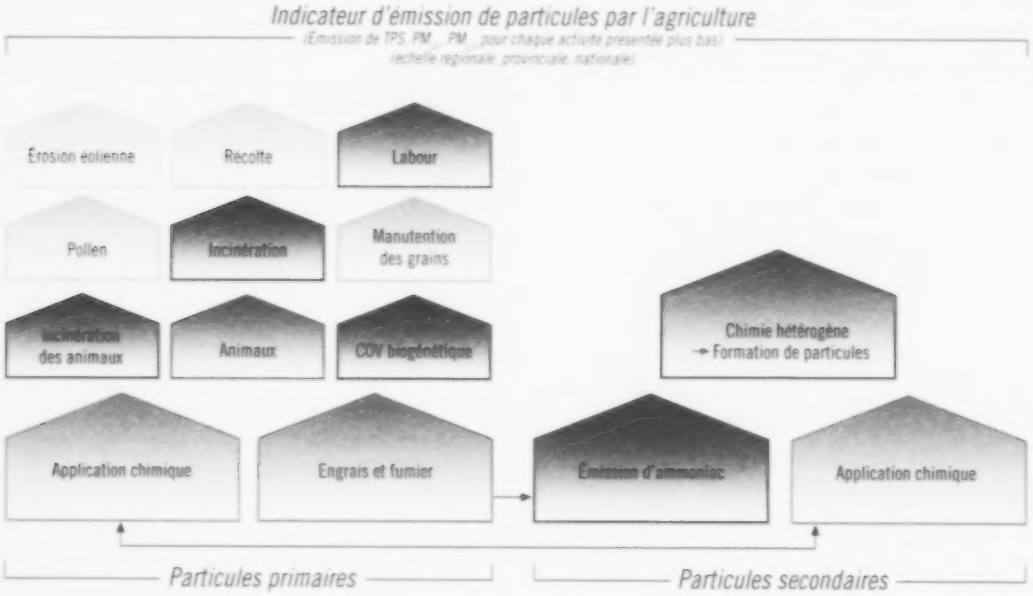
On met actuellement au point un indicateur des émissions de particules par l'agriculture. Il devra permettre d'évaluer la contribution du secteur agricole au problème des émissions particulaires et pourra disposer d'un moyen de déterminer les progrès vers l'atténuation de ces émissions. Au départ, l'indicateur sera exprimé en émission annuelle de particules en suspension, à l'échelle nationale, pour chacune des catégories (PM$_{2,5}$, PM$_{10}$, TPS). Les segments de l'agriculture couverts sont présentés à la figure 23-1, qui illustre le cadre conceptuel de l'IEPA.

*L'inventaire des émissions actuelles au Canada montre que l'agriculture apporte une portion appréciable des quantités de particules libérées dans l'atmosphère.*

## MÉTHODE DE CALCUL

L'IEPA sera un taux d'émission (TE), dérivé d'un facteur d'activité (FA) multiplié par un facteur d'émission (FE). Les données sur les sources canadiennes (FA), lorsqu'elles seront disponibles, seront utilisées et associées à des facteurs d'émission obtenus de la documentation sur ce sujet, provenant en grande partie de travaux américains et européens. Au fil du temps, à mesure que les données sur les FE canadiens deviendront disponibles, l'indicateur sera corrigé et amélioré pour donner une image plus représentative des émissions au Canada. Le facteur d'émission sera, en général, exprimé en masse de particules libérées dans l'atmosphère pendant une période donnée, par chaque unité d'activité (p. ex., par

***Figure 23-1 : Cadre conceptuel de l'indicateur des émissions de particules par l'agriculture***




## ■ L'INDICATEUR

On met actuellement au point un indicateur des émissions de particules par l'agriculture (IEPA) pour évaluer la contribution du secteur agricole au problème des émissions particulaires et pour disposer d'un moyen de déterminer les progrès vers l'atténuation de ces émissions. Au départ, l'indicateur sera exprimé en émission annuelle de particules en suspension, à l'échelle nationale, pour chacune des catégories ($PM_{2,5}$, $PM_{10}$, TPS). Les segments de l'agriculture couverts sont présentés à la figure 23-1, qui illustre le cadre conceptuel de l'IEPA.

*L'inventaire des émissions actuelles au Canada montre que l'agriculture apporte une portion appréciable des quantités de particules libérées dans l'atmosphère.*

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'IEPA sera un taux d'émission (TE), dérivé d'un facteur d'activité (FA) multiplié par un *facteur d'émission* (FE). Les données sur les sources canadiennes (FA), lorsqu'elles seront disponibles, seront utilisées et associées à des facteurs d'émission obtenus de la documentation sur ce sujet, provenant en grande partie de travaux américains et européens. Au fil du temps, à mesure que les données sur les FE canadiens deviendront disponibles, l'indicateur sera corrigé et amélioré pour donner une image plus représentative des émissions au Canada. Le facteur d'émission sera, en général, exprimé en masse de particules libérées dans l'atmosphère pendant une période donnée, par chaque unité d'activité (p. ex., par

animal ou par mètre carré) de l'émetteur. Une fois le facteur d'émission et le degré d'activité établis pour chaque source agricole, il est possible de procéder à une estimation de l'émission annuelle de particules dans l'atmosphère par l'agriculture canadienne.

À plus long terme, il serait possible de parvenir à des estimations régionales et provinciales, en plus de l'estimation nationale. Dans certains cas, l'échelle à laquelle l'estimation est rapportée peut être dictée par la zone réellement touchée. Par exemple, les émissions par l'agriculture dans une région voisine d'un grand bassin de population peut présenter un intérêt particulier. L'unité de temps utilisée pour les estimations rapportées sera en général une année. Cependant, les émissions annuelles de particules peuvent être, dans certains cas, liées à un épisode particulier d'émissions; alors, la durée de l'épisode définira l'échelle de temps.

## ■ LIMITES

La principale limite de cette approche tient dans la disponibilité et la précision des facteurs d'émission canadiens. Dans certains cas, on peut obtenir des facteurs d'émission d'autres pays comme les États-Unis et les pays d'Europe, alors que dans d'autres, il pourrait n'y avoir aucun facteur disponible. Par ailleurs, les données sur l'activité qui entrent dans les calculs de l'indicateur peuvent bien ne pas toujours être disponibles aux échelles temporelles et spatiales souhaitées. À plus long terme, les données nécessaires devraient être disponibles, ce qui nous permettrait de donner une image de plus en plus exacte des émissions canadiennes, de calculer des estimations régionales et d'évaluer des émissions épisodiques.

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant en phase d'élaboration, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Des politiques environnementales existent déjà pour prendre en charge la libération de particules dans l'atmosphère par des sources industrielles, et la portée des politiques sera probablement étendue au secteur agricole à l'avenir. Même si l'indicateur des émissions de particules par l'agriculture découlera au départ d'une approche simplifiée, il donnera quand même des renseignements préliminaires utiles sur les émissions de particules par le secteur agricole. Il guidera aussi les décideurs dans la mise au point, la mise en œuvre et l'évaluation de suivi de bonnes pratiques de gestion (BPG) qui peuvent jouer un rôle dans l'atténuation des émissions, comme par exemple :

- l'installation, dans les bâtiments agricoles, de systèmes de dépoussiérage ou de ventilation munis de filtres et de capteurs de poussières;
- l'utilisation de la brumisation et de la pulvérisation d'eau pour réduire la quantité de poussière dans l'air (les petites particules d'eau enferment les particules de poussière et les entrainent vers le sol);
- l'utilisation d'agents antipoussières dans les aliments du bétail et les matériaux de litière;
- l'utilisation de conduites étanches et de systèmes de transport fermés pour les grains et les aliments du bétail afin de prévenir la libération de particules;
- l'installation de brise-vent pour contrôler les émissions de poussières et d'odeurs issues des bâtiments d'élevage ainsi que du pollen et d'autres particules provenant des champs.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Dockery, D.W., F.E. Speizer, D.O. Stram, J.H. Ware, J.D. Spengler et B.G. Ferris, Jr., 1989. *Effects of inhaled particles on respiratory health of children.* American Review of Respiratory Disease. 139 : 587-594.

Lippmann M., 1998. *Background on health effects of acid aerosols.* Environmental Health Perspectives. 79 : 3-6.

Pope C.A., 1991. *Respiratory hospital emissions associated with $PM_{10}$ pollution in Utah, Salt Lake, and Cache valleys.* Archives of Environmental Health. 46 : 89-97.

# Biodiversité

F

# 24. L'habitat faunique sur les terres agricoles

**AUTEURS :**
S.K. Javorek, R. Antonowitsch, C. Callaghan, M. Grant et T. Weins

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur des habitats fauniques sur les terres agricoles

**PORTÉE :**
Échelle nationale, 1981 à 2001

## ■ SOMMAIRE

*Les terres agricoles contribuent de manière importante à la biodiversité. Les divers habitats associés aux terres agricoles comblent en partie ou en totalité les besoins de plusieurs espèces fauniques au Canada. Les types d'habitats n'ont cependant pas tous la même capacité pour permettre aux espèces fauniques de survivre. Les terres humides, les boisés, les régions riveraines et les pâturages naturels constituent les principaux éléments d'habitat faunique du paysage agricole. L'indicateur des habitats fauniques sur les terres agricoles auquel on fait référence dans ce document fournit une perspective sur les tendances en matière d'habitat faunique disponibles au sein des terres agricoles au Canada. En associant la superficie, l'utilisation des terres et leur utilisation par la faune (capacité d'habitat faunique), l'indicateur nous permet de mieux comprendre comment les questions touchant le secteur, le marché et les politiques peuvent influer sur la disponibilité d'habitat faunique sur les terres agricoles.*

*La capacité d'habitat sur les terres agricoles au Canada a diminué de 1981 à 2001. L'intensification de l'agriculture qui a eu lieu dans certaines régions du pays depuis 1981 a entraîné une baisse de la capacité d'habitat faunique. Dans l'Est du Canada, par exemple, une augmentation des terres en culture s'est révélée un facteur déterminant dans la réduction de la capacité d'habitat faunique, surtout là où l'augmentation s'est produite au détriment d'habitats plus avantageux, tels les pâturages naturels, les terres humides et les boisés. Il y a aussi eu des changements positifs pour la faune, particulièrement dans l'Ouest canadien, grâce à une diminution de la mise en jachère dans la rotation des récoltes. Par leurs activités et les décisions qu'ils prennent, les producteurs agricoles canadiens jouent un rôle primordial dans la conservation de la capacité des habitats fauniques. Ils produisent des bénéfices importants pour la biodiversité lorsqu'ils préservent les habitats naturels ou qu'ils adoptent des pratiques bénéfiques de gestion qui peuvent améliorer la qualité des habitats sans réduire la productivité.*

## ■ L'ENJEU

La productivité agricole est tributaire d'une utilisation sage ou durable des ressources, y compris du sol, de l'eau, de l'énergie et des éléments nutritifs. Parallèlement, la protection de la biodiversité est également tributaire d'une gestion sage et durable des habitats dont dépendent toutes les espèces pour leur survie. Un habitat faunique convenable doit contenir les composantes spécifiques essentielles à la survie de la faune : de la nourriture, de l'eau, des abris et de l'espace. Il doit également répondre aux besoins tels la reproduction, la dispersion et la migration. Les paysages qui manquent d'habitats fauniques du point de vue de la quantité ou de la qualité ne peuvent assurer la subsistance de certaines espèces.

Les terres agricoles, qui représentent 7,5 p. 100 de la masse continentale du Canada, contiennent les sols les plus fertiles et disposent des conditions climatiques les plus favorables. Le paysage agricole du Canada est composé de terres cultivables et de pâturages ainsi que de terres riveraines, de terres humides, de boisés et de prairies naturelles. Ces habitats abritent plusieurs des espèces fauniques du Canada. On sait que plus de 500 espèces résidentes ou migratoires d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens utilisent les terres agricoles au Canada. De plus, environ la moitié des vertébrés terrestres qui figurent actuellement sur la liste des espèces à risque, élaborée par le Comité sur le statut des espèces en péril au Canada (COSEPAC 2004), se retrouvent sur les terres agricoles canadiennes. L'existence et la viabilité de ces espèces dans le paysage agricole dépendent de leur capacité d'y puiser les ressources nécessaires pour se reproduire, s'alimenter et s'abriter. De telles ressources doivent se trouver à la disposition de ces espèces à même les terres agricoles ou sur des terres avoisinant leur domaine vital. À titre de gestionnaires des terres, les producteurs agricoles jouent un rôle important dans la protection de la biodiversité.

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur des habitats fauniques sur les terres agricoles sert à évaluer les tendances dans la capacité qu'ont les terres agricoles à fournir des habitats pouvant accueillir des populations de vertébrés terrestres sauvages. L'indicateur fait le lien entre les divers habitats servant aux oiseaux, aux mammifères, aux reptiles et aux amphibiens et cinq catégories générales de couverture terrestre (types d'habitats) utilisées dans le recensement agricole : terre cultivée, terre en jachère, *pâturage cultivé*, pâturage naturel et « *toutes les autres terres* ».

La capacité d'habitat a été calculée pour ces cinq types de couverture terrestre au moyen de l'échelle polygonale de Pédo-paysages du Canada, pour chaque année de recensement de 1981 à 2001. Les résultats de l'indicateur sont exprimés en cinq classifications de changements de capacité d'habitat faunique entre les différentes années de recensement. Ces classifications sont définies ainsi : hausse importante (>10 p. 100), hausse modérée (>2,5 p. 100 à 10 p. 100), changement négligeable à léger (de -2,5 p. 100 à +2,5 p. 100), diminution modérée (<-2,5 p. 100 à -10 p. 100) et diminution importante (<-10 p. 100). L'objectif de rendement pour l'indicateur vise à ce que les terres agricoles se situent dans les deux premières classifications, se traduisant par une amélioration de la capacité des agroécosystèmes à fournir des habitats fauniques.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Des matrices sur l'appropriation des habitats ont été élaborées pour 493 espèces fauniques associées aux habitats sur des terres agricoles (Neave et Neave 1998). La liste des espèces a été dressée en utilisant des renseignements provenant de guides reconnus sur la faune, et l'information sur l'utilisation des habitats a été colligée à partir d'une analyse de la littérature et de l'opinion d'experts. Une matrice a été créée pour chaque espèce de vertébrés terrestres (oiseaux, mammifères, reptiles et amphibiens) au Canada qui se sert des terres agricoles et des terres avoisinantes pour combler un ou plusieurs besoins en habitat (reproduction, alimentation, repos, abri, rassemblement et hibernation). Chaque utilisation de l'habitat a été classée comme primaire, secondaire ou tertiaire, selon l'importance de l'habitat pour l'espèce.

Tel que mentionné ci-dessus, les cinq types généraux de couverture terrestre (habitat en milieu agricole) dans les matrices d'appropriation des habitats correspondent aux cinq catégories d'utilisation des terres agricoles que l'on trouve dans le recensement agricole : terre de culture, terre en jachère, pâturage cultivé, pâturage naturel, et « toutes les autres terres ». Ces catégories générales ont été subdivisées afin de refléter avec plus d'exactitude la diversité d'habitat que l'on trouve sur les terres agricoles. Par exemple, les pâturages naturels sont répartis en prairies naturelles, en terres d'armoise et d'arbustes, et en terres d'arbustes ou boisées. L'indice de capacité d'habitat s'établit en y associant le nombre d'espèces qui utilisent chacune des cinq catégories choisies de couverture terrestre par rapport à la superficie relative de chaque type de couverture terrestre. Dans le calcul, on ne prend en considération que les utilisations primaires et secondaires d'habitats concernant la reproduction, l'alimentation et l'abri. L'indicateur évalue ensuite l'impact des changements relatifs dans les types de couverture terrestre sur la capacité d'habitat faunique des terres agricoles du Canada.

## ■ LIMITES

Cet indicateur a les limites suivantes :

- Puisque la catégorie « toutes les autres terres » du recensement agricole ne précise pas à l'heure actuelle les superficies ni les changements dans certains types d'habitats qui sont importants pour la faune (p. ex., les terres humides et les boisés), le calcul de l'indicateur ne permet pas de distinguer de façon adéquate les tendances dans ces habitats.

- L'indicateur n'enregistre pas actuellement les mesures de qualité des habitats (p. ex., fragmentation, connectivité, configuration spatiale, habitats dans la forêt) sauf par l'inclusion dans l'analyse des utilisations primaires et secondaires des habitats. Des études plus restreintes ont été établies pour combler cette lacune de renseignements et pour améliorer les rapports à venir.

- L'indicateur ne permet actuellement pas de représenter les effets bénéfiques sur les habitats fauniques associés à certaines pratiques de gestion telles que les systèmes de pâturage en rotation et complémentaires ou le travail de conservation du sol.

- Dans sa forme actuelle, l'indicateur ne reflète que la capacité d'habitat pour les vertébrés terrestres. Il n'étudie pas d'autres éléments de

***Tableau 24-1 : Capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles au Canada, 1981 à 2001***

Proportion des terres agricoles dans diverses classifications de changement de capacité d'habitat faunique (en %)

| Province | Tendance sur 20 ans (1981 à 2001) | | | | | Tendance sur 10 ans (1991 à 2001) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hausse importante | Hausse modérée | Changement de négligeable à léger | Diminution modérée | Diminution importante | Hausse importante | Hausse modérée | Changement de négligeable à léger | Diminution modérée | Diminution importante |
| | >10 % | >2,5 % to 10 % | -2,49 to 2,49 | <-2,5 % to -10 % | <-10 % | >10 % | >2,5 % to 10 % | -2,49 to 2,49 | <-2,5 % to -10 % | <-10 % |
| C.-B. | 2 | 10 | 39 | 39 | 11 | 1 | 2 | 8 | 56 | 33 |
| Alb. | 1 | 13 | 59 | 26 | 1 | <1 | 1 | 11 | 84 | 4 |
| Sask. | <1 | 35 | 55 | 9 | <1 | <1 | <1 | 8 | 87 | 5 |
| Man. | 0 | 7 | 75 | 17 | 1 | 1 | 2 | 33 | 63 | 1 |
| Ont. | 0 | <1 | 5 | 92 | 2 | 0 | <1 | 2 | 56 | 42 |
| Qc | <1 | <1 | 1 | 62 | 37 | <1 | 1 | 8 | 54 | 37 |
| N.-B. | <1 | 1 | 12 | 69 | 18 | 1 | 4 | 28 | 50 | 17 |
| N.-É. | <1 | <1 | 12 | 69 | 19 | 1 | 7 | 33 | 50 | 9 |
| Î.-P.-É. | 0 | 0 | 0 | 94 | 6 | 0 | 0 | 40 | 53 | 7 |
| T.-N. | 1 | 11 | 22 | 60 | 6 | 2 | 11 | 14 | 47 | 26 |
| **Canada** | **<1** | **19** | **51** | **27** | **3** | **<1** | **1** | **12** | **77** | **10** |

la biodiversité tels les plantes, les animaux aquatiques ou les invertébrés qui peuvent être touchés par l'agriculture.

- Les catégories servant à évaluer les changements de capacité d'habitat faunique (cinq catégories) ont été choisies de manière subjective. Il n'existe pas de méthodologie permettant de démontrer objectivement un niveau appréciable d'augmentation ou de diminution des capacités des habitats. Il faudra intégrer la marge d'erreur des données dans les versions futures de l'indicateur.

- À l'heure actuelle, l'indicateur ne fait pas le lien entre la capacité d'habitat des terres agricoles et la réponse réelle (en hausse ou en diminution) de la population faunique.

## ■ RÉSULTATS

Le tableau 24-1 représente les changements de l'indicateur des habitats fauniques sur les terres agricoles pour deux périodes : une période de dix ans (de 1991 à 2001) et une période de 20 ans (de 1981 à 2001). Les tendances de la capacité d'habitat sur vingt ans sont représentées sur la figure 24-1 et sont expliquées ci-dessous.

**Canada :** Entre 1981 et 2001, dans l'ensemble du Canada, on a constaté des changements de capacité d'habitat qui vont de négligeables à légers sur la plupart (51 p. 100) des terres agricoles. Des hausses modérées ont été observées sur 19 p. 100 des terres agricoles, donc 19 p. 100 des terres ont atteint l'objectif de rendement désiré de cet indicateur. Des diminutions modérées et importantes ont cependant été observées sur respectivement 27 p. 100 et 3 p. 100 des terres agricoles.

**Colombie-Britannique :** La capacité d'habitat faunique a baissé sur 50 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée : 39 p. 100; diminution importante : 11 p. 100) de 1981 à 2001. Des changements allant de négligeables à légers se sont produits sur 39 p. 100 des terres agricoles tandis que la capacité d'habitat faunique a augmenté sur 12 p. 100 des terres agricoles (hausse modérée : 10 p. 100; hausse importante : 2 p. 100).

**Alberta :** Des changements de négligeables à légers dans la capacité d'habitats sont survenus sur 59 p. 100 des terres agricoles de 1981 à 2001. La capacité d'habitat faunique a diminué sur 27 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée sur 26 p. 100, et importantes sur 1 p. 100) et elle a augmenté sur 14 p. 100 des terres agricoles (hausse modérée sur 13 p. 100, et importante sur 1 p. 100).

**Saskatchewan :** De 1981 à 2001, on a constaté des changements de négligeables à légers de capacité d'habitat faunique sur 55 p. 100 des terres agricoles. La capacité d'habitat faunique a augmenté sur 35 p. 100 des terres agricoles (hausse modérée) et elle a diminué sur 9 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée).

***Figure 24-1 : Changement de capacité d'habitat faunique sur les terres agricoles au Canada, entre 1981 et 2001***

**Manitoba :** Des changements de négligeables à légers de la capacité d'habitat faunique se sont produits sur 75 p. 100 des terres agricoles, de 1981 à 2001. La capacité d'habitat faunique a connu une diminution sur 18 p. 100 des terres agricoles (modérée : 17 p. 100; importante : 1 p. 100) et une augmentation sur 7 p. 100 des terres agricoles (augmentation modérée).

**Ontario :** Entre 1981 et 2001, la capacité d'habitat faunique a diminué sur 94 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée sur 92 p. 100 et importante sur 2 p. 100). Des changements de négligeables à légers sont survenus sur 5 p. 100 des terres agricoles.

**Québec :** De 1981 à 2001, la capacité d'habitat faunique a enregistré une baisse sur 99 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée sur 62 p. 100, et importante sur 37 p. 100). Des changements de négligeables à légers se sont produits sur 1 p. 100 des terres agricoles.

**Nouveau-Brunswick :** La capacité d'habitat a subi une baisse sur 88 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée sur 69 p. 100, et importante sur 19 p. 100), tandis que des changements de négligeables à légers sont survenus sur 12 p. 100 des terres agricoles.

**Nouvelle-Écosse :** On a enregistré une baisse de la capacité d'habitat faunique sur 87 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée sur 69 p. 100, et importante sur 18 p. 100). Des changements de négligeables à légers sont survenus sur 12 p. 100 des terres agricoles.

**Île-du-Prince-Édouard :** La capacité d'habitat faunique a été en baisse sur toutes les terres agricoles (diminution modérée sur 94p. 100, et importante sur 6 p. 100).

**Terre-Neuve-et-Labrador :** La capacité d'habitat faunique a changé de façon négligeable à légère sur 22 p. 100 des terres agricoles. La capacité d'habitat a diminué sur 66 p. 100 des terres agricoles (diminution modérée sur 60 p. 100, et importante sur 6 p. 100) et elle a augmenté sur 12 p. 100 des terres agricoles (hausse modérée sur 11 p. 100 et importante sur 1 p. 100).

## ■ INTERPRÉTATION

**Canada :** Entre 1981 et 2001, la capacité d'habitat faunique a diminué de 5 p. 100 sur les terres agricoles. Les facteurs déterminants de cette baisse nationale semblent avoir été l'expansion de la proportion relative des terres en culture, de 47 p. 100 à 53 p. 100 de l'ensemble des terres agricoles et une baisse de 3 p. 100 des pâturages naturels riches en espèces. Bien que les tendances en matière d'habitat faunique aient connu des améliorations, celles-ci n'ont pas totalement compensé les baisses. Par exemple, la plus importante catégorie de couverture terrestre dans le recensement pour la faune – la catégorie « toutes les autres terres » – a augmenté sa part du paysage agricole national de 6 p. 100 à 9 p. 100. Il y a eu une autre tendance importante à savoir la réduction (de 15 p. 100 à 7 p. 100) de la proportion des terres en jachère au Canada, qui, elles, constituent un habitat pauvre en espèces. Pendant cette période de 20 ans, le pourcentage relatif des pâturages cultivés est demeuré stable à 7 p. 100, même si des programmes sur la couverture permanente agricole, de 1989 à 1993, se sont traduits, dans les Prairies, par la conversion d'environ un demi-million d'hectares de terres marginales de culture en pâturages cultivés.

**Colombie-Britannique :** On compte présentement 331 espèces en Colombie-Britannique qui utilisent les terres agricoles. Entre 1981 et 2001, la capacité d'habitat a baissé de moins de 2 p. 100. Bien que les terres agricoles aient augmenté de 19 p. 100, il n'y a eu que des changements mineurs dans les pourcentages relatifs des types d'habitat. Les tendances négatives qui ont affecté la légère baisse provinciale de la capacité d'habitat se sont avérées une diminution de 2 p. 100 de la part relative des terres agricoles occupées par des pâturages naturels riches en espèces et une diminution du pourcentage relatif des pâturages cultivés (de 12 p. 100 à 9 p. 100). Ces tendances négatives ont généralement été équilibrées par une augmentation de la part relative de la catégorie « toutes les autres terres ».

**Alberta :** Les terres agricoles de l'Alberta abritent 337 espèces fauniques. De 1981 à 2001, la capacité d'habitat faunique a diminué de moins d'un pour cent. Pendant cette période, les terres agricoles ont augmenté de 10 p. 100, se traduisant par des modifications mineures aux pourcentages relatifs des cinq catégories d'habitats. Les changements positifs consistent en une augmentation relative de la catégorie « toutes les autres terres » (de 4 p. 100 à 6 p. 100) et une diminution des terres en jachère (de 11 p. 100 à 6 p. 100). Les changements négatifs proviennent d'une augmentation relative des terres en culture (de 44 p. 100 à 46 p. 100) et d'une

diminution des pâturages cultivés (de 10 p. 100 à 8 p. 100). À cause notamment de l'expansion des terres agricoles, le nombre de pâturages naturels semblerait avoir augmenté de 10 p. 100, mais la majeure partie de cette augmentation peut probablement être attribuée à une différence dans les questions des recensements entre 1981 et 2001. La part relative des pâturages naturels dans le paysage agricole demeure constante.

**Saskatchewan :** Environ 290 espèces fauniques utilisent les terres agricoles de la Saskatchewan. Cette province était la seule à afficher une augmentation globale de la capacité d'habitat faunique (1 p. 100) entre 1981 et 2001. Ceci est attribuable à une augmentation de la catégorie « toutes les autres terres » de 2 p. 100 à 5 p. 100 des terres agricoles et à une baisse importante de la proportion relative des terres en jachère (de 26 p. 100 à 12 p. 100). Ces tendances positives étaient un peu plus marquées que les tendances négatives qui comprenaient une augmentation des terres en culture (de 45 p. 100 à 59 p. 100) et une réduction des pâturages naturels (de 23 p. 100 à 20 p. 100).

*Entre 1981 et 2001, la capacité d'habitat faunique a diminué de 5 p. 100 sur les terres agricoles.*

**Manitoba :** Au Manitoba, les terres agricoles fournissent des habitats à 311 espèces. Entre 1981 et 2001, la capacité d'habitat a baissé de moins d'un pour cent. On a observé deux facteurs d'équilibre qui se sont traduits par une capacité d'habitat assez stable à l'échelle de la province. La tendance négative provenait essentiellement de la croissance des terres en culture (de 58 p. 100 à 62 p. 100). Le nombre de pâturages naturels est demeuré stable (en termes relatifs). Les tendances positives s'avéraient une augmentation de la catégorie « toutes les autres terres » de 5 p. 100 à 9 p. 100 des terres agricoles et une réduction des terres en jachère (de 8 p. 100 à 3 p. 100).

**Ontario :** À l'heure actuelle, 281 espèces fauniques utilisent les terres agricoles de l'Ontario. De 1981 à 2001, 9 p. 100 des terres agricoles ont été converties à d'autres usages. Ceci a entraîné une baisse de 6 p. 100 de la capacité d'habitat, due à une augmentation relative des terres en culture (de 60 p. 100 à 67 p. 100), à une diminution des pâturages naturels (de 13 p. 100 à 9 p. 100) et à une baisse des pâturages cultivés (de 11 p. 100 à 6 p. 100). Pendant cette période, la province a connu une légère augmentation de la catégorie « toutes les autres terres » (de 15 p. 100 à 17 p. 100 de la couverture terrestre agricole).

**Québec :** À l'heure actuelle, les terres agricoles du Québec abritent 274 espèces fauniques. Le principal facteur déterminant expliquant la baisse de 10 p. 100 de la capacité d'habitat faunique s'est avéré la diminution d'habitats fauniques importants fournis par les pâturages naturels (une diminution de 5 p. 100 ou de 163 000 hectares) et des pâturages cultivés (une diminution de 13 p. 100 à 9 p. 100 ou de 260 000 hectares). La superficie relative des terres en culture a augmenté de 46 p. 100 à 54 p. 100, alors que le pourcentage de la catégorie « toutes les autres terres » est demeuré relativement constant.

**Nouvelle-Écosse :** Au total, 184 espèces fauniques utilisent les terres agricoles de la Nouvelle-Écosse. Le principal facteur déterminant expliquant la baisse de la capacité d'habitat s'est avéré la croissance des terres en culture (de 24 p. 100 à 31 p. 100 des terres agricoles), en conjonction avec une diminution des pâturages naturels (de 10 p. 100 à 7 p. 100) et des pâturages cultivés (de 9 p. 100 à 5 p. 100). Le pourcentage relatif de la catégorie « toutes les autres terres » est demeuré constant.

**Nouveau-Brunswick :** Au total, on dénombre 197 espèces fauniques qui utilisent les terres agricoles du Nouveau-Brunswick. Bien que la couverture terrestre agricole ait diminué de 11 p. 100 dans la province entre 1981 et 2001, les terres en culture ont augmenté de 30 p. 100 à 39 p. 100 des terres agricoles et les pâturages naturels ont diminué de 10 p. 100 à 7 p. 100. Les pâturages cultivés ont également diminué de 9 p. 100 à 5 p. 100 des terres agricoles. Le pourcentage relatif de la catégorie « toutes les autres terres » est demeuré constant.

**Île-du-Prince-Édouard :** À l'heure actuelle, 174 espèces fauniques se partagent le paysage agricole de l'Île-du-Prince-Édouard. La capacité d'habitat sur les terres agricoles a baissé de 12 p. 100 de 1981 à 2001. Bien que la superficie des terres agricoles ait diminué de 7 p. 100, le pourcentage réel des terres en culture a augmenté de 56 p. 100 à 67 p. 100. Ceci a entraîné une baisse de la catégorie « toutes les autres terres » (de 25 p. 100 à 23 p. 100) et des pâturages cultivés (de 13 p. 100 à 5 p. 100). Le pourcentage relatif des pâturages naturels est demeuré constant.

**Terre-Neuve-et-Labrador :** Étant donné le pourcentage relativement minime de la couverture terrestre agricole, on peut s'attendre à ce que l'agriculture ait peu d'impact sur la faune à l'échelle

provinciale. Au total, on a constaté que 214 espèces fauniques utilisent les terres agricoles. La croissance des terres agricoles et la répartition importante des types de couverture qui en résulte a entraîné une baisse générale de la capacité d'habitat (6 p. 100) de 1981 à 2001. La croissance de la proportion relative des terres agricoles (de 14 p. 100 à 21 p. 100) s'est révélée le facteur principal de cette réduction.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les producteurs agricoles, à titre de gestionnaires des terres, jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité. Leurs décisions en matière d'utilisation et de gestion des terres peuvent avoir un effet négatif sur les habitats fauniques (p. ex., le drainage des terres humides, le *surpâturage*, l'élimination ou la fragmentation de la couverture forestière). Les pratiques de gestion peuvent aussi produire des effets positifs sur la faune, soit en améliorant la qualité ou la quantité des habitats, soit en augmentant la connectivité entre les parcelles d'habitats.

Conserver ou accroître la capacité d'habitat faunique des terres agricoles exige une approche réfléchie et une bonne idée de la façon dont on peut la mettre en pratique sans diminuer la productivité agricole. Il vaut mieux collecter cette information au niveau local ou régional, là où les planificateurs peuvent travailler avec les propriétaires des terres en vue de déterminer des buts et des objectifs en matière d'habitats qui répondent aux besoins des espèces. La plupart des agriculteurs sont conscients de la valeur de la conservation de la faune et des habitats fauniques, mais des programmes d'éducation et d'encouragement peuvent développer davantage cette compréhension et susciter la participation volontaire des propriétaires à la mise en œuvre de pratiques de gestion des terres qui favorisent la faune. De telles pratiques bénéfiques de gestion incluent, entre autres :

- L'élaboration et la mise en œuvre de plans environnementaux des fermes
- La conservation des terres naturelles (indigènes) qui restent (prairies, terres humides et boisés)
- La conservation des zones riveraines (zones tampons)
- L'adoption de systèmes de travail de conservation du sol
- Retarder la coupe du foin et le pâturage
- Couvre-sols d'hiver
- L'adoption de systèmes de pâturage rotatifs
- La *lutte intégrée*
- La gestion des terres à bois
- La plantation de brise-vents et de haies dans les paysages appropriés
- La conversion des terres à cultures marginales en couverture vivace
- La prévention des dommages causés par la faune.

## BIBLIOGRAPHIE


Comité sur le statut des espèces en péril au Canada (COSEPAC), 2004. *Espèces canadiennes en péril*. COSEPAC, Ottawa (Ont.). http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct0/sar_2004_11_f.cfm

Cox, K.W., 1993. *Wetlands: a Celebration of Life – Rapport final du groupe de travail sur la conservation des terres humides*. Série de documents sur la conservation des terres humides, No. 1993-1. Conseil nord-américain sur la conservation des terres humides (Canada), Ottawa (Ont.).

Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur la biodiversité, 1995. *Stratégie canadienne sur la biodiversité : la réponse canadienne à la convention sur la diversité biologique*. Environnement Canada, Bureau de la convention sur la biodiversité, Ottawa (Ont.). http://www.eman-rese.ca/eman/reports/publications/rt_biostrat/intro.html

Neave, P. et E. Neave, 1998. *Habitat and Habitat Availability Indicator*. Rapport produit pour Agriculture et Agroalimentaire Canada, dans le cadre du Projet sur les indicateurs agroenvironnementaux. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont).

Watmough, M.D., D.W. Ingstrup, D.C. Duncan et H.J. Schinke, 2002. *Prairie Habitat Joint Venture Monitoring Program Phase I: Recent Habitat Trends in NAWMP Targeted Landscapes* (Rapport technique N° 391). Environnement Canada, Service canadien de la faune, Edmonton (Alberta).

# 25. Dommages causés par la faune aux cultures et au bétail

**AUTEURS :**
D. Thompson, C. Callaghan, L. Liggins et T. Weins

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur du risque de dommages par la faune

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*L'indicateur du risque de dommages causés par la faune (RDF), actuellement en préparation, a pour objet de donner une meilleure connaissance des facteurs biophysiques et des facteurs liés à la gestion qui influent sur les dommages causés par la faune aux produits agricoles au Canada. Cet outil nous permettra également de déterminer si le risque réel de dommages par la faune est en progression, s'il recule ou s'il demeure stable dans chaque province. La création de cet indicateur passe par la mise au point de modèles prédictifs du risque de dommages où sont captées des données sur les baisses de rendement des cultures et des informations spatiales sur les facteurs clés réputés agir sur la gravité des dommages, comme les conditions atmosphériques, les pratiques culturales, les efforts d'atténuation, la proximité de l'habitat faunique et l'état des populations fauniques. Des modèles de risque, des données historiques et des enquêtes à petite échelle à la ferme seront utilisés pour tracer les courbes des tendances actuelles des dommages par la faune et pour prédire les changements de tendances qui peuvent survenir après l'adoption de mesures de prévention.*

## ■ L'ENJEU

Les Canadiens apprécient la valeur esthétique, récréative, intrinsèque et écologique, ainsi que la valeur de subsistance de la faune, et la préservation des populations fauniques est une des grandes priorités environnementales du Canada (Groupe de travail fédéral-provincial territorial sur l'importance de la nature pour les Canadiens 2000). Parallèlement, on se rend de plus en plus compte que la création d'aires de conservation comme les parcs, les aires de gestion de la faune et les réserves forestières ne créent pas un habitat suffisant pour préserver les populations fauniques désirées. Les terres agricoles, qui recèlent les sols les plus fertiles, sont associées aux microclimats les plus propices du pays et ont historiquement abrité de nombreuses espèces fauniques du Canada. Aujourd'hui encore, de nombreuses espèces fauniques utilisent les terres agricoles pour satisfaire leurs besoins.

Les agriculteurs du Canada, qui profitent de la proximité de la faune et de régions naturelles, reconnaissent autant que les autres Canadiens l'importance de la faune. Bon nombre investissent temps et argent pour améliorer l'habitat faunique sur leurs terres (Environics Research Group 2000). Cependant, les interactions de la faune et des activités agricoles peuvent parfois donner lieu à de graves dommages aux produits agricoles. La plupart des espèces fauniques ont un effet bénin, voire bénéfique, sur l'agriculture (p. ex., les oiseaux chanteurs et les rapaces aident à lutter contre les ravageurs), mais le nombre relativement faible d'espèces qui se nourrissent des cultures, des aliments du bétail entreposés ou du bétail lui-même, peut occasionner des baisses de rendement, des pertes de bétail et des dommages aux propriétés agricoles. Par exemple, le chevreuil et le wapiti endommagent les plantations (p. ex., de maïs, de luzerne et de soya) et les cultures horticoles, ainsi que les meules de foin. La sauvagine s'attaque à diverses cultures (comme le blé, l'orge, les lentilles); les oiseaux, comme les étourneaux et les mainates endommagent les cultures fruitières et certains carnivores tuent le bétail. Les dommages par la faune sur les terres agricoles sont souvent provoqués par des espèces qui ne sont pas en danger et qui peuvent, en fait, être très abondantes (Conover 2002).

Bien que la plupart des producteurs tolèrent un certain risque de dommages dans leurs activités quotidiennes, le degré réel, la prévisibilité, l'ampleur et la cause des dégâts par la faune varient largement entre les provinces, les régions agricoles et les exploitations particulières ainsi que d'une année à l'autre. Dans une enquête réalisée en 2000, 57 p. 100 des propriétaires fonciers des régions rurales interviewés au Canada ont dit que leurs exploitations ont subi à un moment donné ce type de dommage. Bon nombre pensent que l'activité et les dommages de la faune sont en progression (Environics Research Group 2000).

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du risque de dommages par la faune sera un outil qui permettra de cerner les facteurs biophysiques et les facteurs de gestion qui influent sur le risque de dommages par la faune en agriculture, de modéliser leurs relations et de déterminer si ce risque est en hausse, en baisse ou stable avec le temps. Ce risque peut s'exprimer sous forme d'une relation fonctionnelle entre des facteurs biophysiques (conditions atmosphériques, densité et distribution des espèces problèmes, disponibilité d'un habitat hors de la ferme et à la ferme), des facteurs de gestion (efforts d'atténuation des dommages, type de production et recours à des pratiques de gestion bénéfiques) et l'occurrence des dégâts (figure 25-1).

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

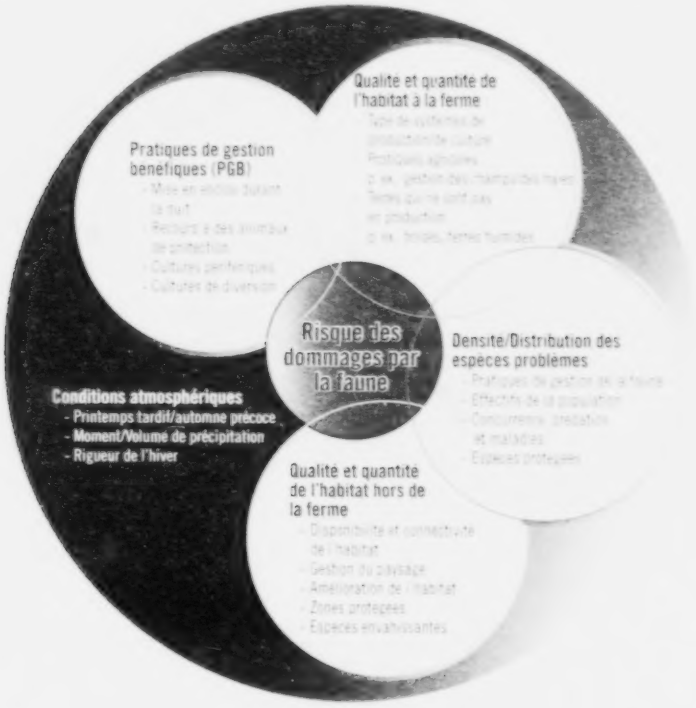
Les facteurs biophysiques qui influent sur les dommages par la faune sont probablement trop complexes et trop variables à l'échelle régionale pour être intégrés dans un modèle unique qui permettrait d'estimer avec précision l'ampleur des dommages par la faune qui pourraient survenir dans chacune des régions du Canada. En conséquence, une série de modèles de risque de dommages par la faune sera créée à partir de données sur les dommages attribuables à des catégories particulières d'espèces sauvages (p. ex., la sauvagine, les ongulés [comme le chevreuil] et les prédateurs) dans plusieurs régions du Canada.

Des données spatiales sur les facteurs biophysiques et des données provenant de bases d'information existantes sur les dommages causés par la faune ou d'enquêtes à petite échelle auprès des producteurs seront recueillies pour construire les modèles. Par la suite, des analyses statistiques permettront de déterminer l'importance relative de chaque variable par rapport au risque global de dommages par la faune et de quantifier la fréquence attendue dans une région géographique précise. Des données indépendantes sur l'occurrence des dommages ou l'opinion d'experts seront utilisées pour valider les résultats obtenus à l'échelle provinciale.

## ■ LIMITES

Avec cet indicateur, l'évaluation du risque de dommages sera limitée aux espèces fauniques comme les ongulés, la sauvagine et les prédateurs, espèces qui ont historiquement été au centre des programmes

***Figure 25-1 : Modèle conceptuel indiquant les relations entre les facteurs biophysiques et de gestion ayant une incidence sur le risque de dommages causés par la faune***



## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du risque de dommages par la faune sera un outil qui permettra de cerner les facteurs biophysiques et les facteurs de gestion qui influent sur le risque de dommages par la faune en agriculture, de modéliser leurs relations et de déterminer si ce risque est en hausse, en baisse ou stable avec le temps. Ce risque peut s'exprimer sous forme d'une relation fonctionnelle entre des facteurs biophysiques (conditions atmosphériques, densité et distribution des espèces problèmes, disponibilité d'un habitat hors de la ferme et à la ferme), des facteurs de gestion (efforts d'atténuation des dommages, type de production et recours à des pratiques de gestion bénéfiques) et l'occurrence des dégâts (figure 25-1).

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Les facteurs biophysiques qui influent sur les dommages par la faune sont probablement trop complexes et trop variables à l'échelle régionale pour être intégrés dans un modèle unique qui permettrait d'estimer avec précision l'ampleur des dommages par la faune qui pourraient survenir dans chacune des régions du Canada.

En conséquence, une série de modèles de risque de dommages par la faune sera créée à partir de données sur les dommages attribuables à des catégories particulières d'espèces sauvages (p. ex., la sauvagine, les ongulés [comme le chevreuil] et les prédateurs) dans plusieurs régions du Canada.

Des données spatiales sur les facteurs biophysiques et des données provenant de bases d'information existantes sur les dommages causés par la faune ou d'enquêtes à petite échelle auprès des producteurs seront recueillies pour construire les modèles. Par la suite, des analyses statistiques permettront de déterminer l'importance relative de chaque variable par rapport au risque global de dommages par la faune et de quantifier la fréquence attendue dans une région géographique précise. Des données indépendantes sur l'occurrence des dommages ou l'opinion d'experts seront utilisées pour valider les résultats obtenus à l'échelle provinciale.

## ■ LIMITES

Avec cet indicateur, l'évaluation du risque de dommages sera limitée aux espèces fauniques comme les ongulés, la sauvagine et les prédateurs, espèces qui ont historiquement été au centre des programmes

***Figure 25-1 : Modèle conceptuel indiquant les relations entre les facteurs biophysiques et de gestion ayant une incidence sur le risque de dommages causés par la faune***

d'atténuation et d'indemnisation et une préoccupation pour les producteurs et les gestionnaires provinciaux de la faune. Au départ, l'indicateur du risque de dommages par la faune ne couvrira pas les pertes de cultures causées par les espèces envahissantes ou la transmission de maladies entre le bétail et la faune. Il ne couvrira pas non plus les dommages provoqués par les insectes ou les rongeurs, bien qu'ils puissent consommer autant, si ce n'est plus, de *biomasse* que la sauvagine ou les ongulés. Ces éléments pourraient être incorporés dans une future version de l'indicateur.

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Des facteurs socio-économiques et politiques infléchissent les perceptions des dommages par la faune et les approches adoptées pour les gérer. En conséquence, les stratégies visant à atténuer les dommages à la ferme doivent tenir compte des divers aspects du problème et s'insérer dans un plus vaste contexte économique, écologique et sociologique (Reed 1991). Anciennement, des programmes de contrôle létal de grande envergure (p. ex., permis d'élimination des canards, empoisonnement des loups) étaient couramment employés pour réduire les dommages causés par la faune à l'agriculture. Cependant, cette approche est devenue de plus en plus inacceptable aux yeux du public, et sous l'effet de l'évolution des valeurs sociétales avec le temps, les méthodes létales ont graduellement fait place à des méthodes non destructives. Les producteurs peuvent aujourd'hui atténuer la vulnérabilité de leurs exploitations aux dommages par la faune en appliquant diverses pratiques de gestion agricole bénéfiques, comme des décisions sur les systèmes de production, la gestion de l'habitat, les pratiques de récolte et des mesures de prévention comme :

- l'établissement de clôtures ou de cultures périphériques constituées de plantes inappétentes pour les gros ongulés;
- des dispositifs d'effarouchement visuel et sonore ou des cultures de diversion pour la sauvagine;
- l'application de pratiques d'élevage comme la mise en enclos durant la nuit, l'implantation des aires de mise bas près des fermes;
- la construction de clôtures, de bâtiments et le recours à des animaux de protection pour réduire les attaques du bétail par les carnivores.

Les organismes de gestion de la faune peuvent aussi atténuer la vulnérabilité des fermes aux dommages grâce à des efforts de gestion de la faune et de l'habitat, à un contrôle létal ciblé des carnivores et à divers programmes de prévention. Compte tenu de la variété des espèces qui peuvent causer des dommages et de la diversité de leurs caractéristiques de comportement et d'évolution biologique, il est peu probable qu'une méthode unique de prévention puisse garantir le succès. Les stratégies faisant appel à plusieurs techniques de gestion dans une approche intégrée seront probablement le moyen le plus efficace de réduire les dommages (Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario 2000). Une fois en usage, cet indicateur aidera à évaluer l'efficacité des stratégies de gestion appliquées pour réduire les dommages causés à l'agriculture par la faune et faciliter la compréhension des facteurs de succès.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario (OSCIA), 2000. *Wildlife Impact Assessment for Ontario Agriculture*. OSCIA, Guelph (Ont.).

Conover, Michael R., *Resolving Human-Wildlife Conflicts: The Science of Wildlife Damage Management*. Lewis Publishers, Boca Raton (Floride).

Environics Research Group, 2000. *Survey of Farmers, Ranchers and Rural Landowners: Attitudes and Behaviours Regarding Land Stewardship*. ERG, Toronto (Ont.).

Groupe de travail fédéral-provincial-territorial sur l'importance de la nature pour les Canadiens, 2000. *L'importance de la nature pour les Canadiens : les avantages économiques des activités reliées à la nature*. Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

Reed, A., 1992. "Management of Greater Snow Geese in Relation to Crop Damage: the Need for a Diversified and Integrated Approach". Pages 93-100 dans M. Van Roomen and J. Madsen (éd.), *Waterfowl and Agriculture: Review and Future Perspective of the Crop Damage Conflict in Europe*. 1991 Proceedings of the 'Farmers and Waterfowl: Conflict or Coexistence Workshop' à Lelystad, Pays-Bas. Wetlands International, publication No. 21, Slimbridge (R-U).

# 26. Espèces exotiques envahissantes

**AUTEURS :**
P.G. Mason, R.G. Foottit, S.I. Warwick et O. Olfert

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Risque posé par les espèces exotiques envahissantes

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Les espèces exotiques envahissantes ont un effet d'importance sur les coûts de production et peuvent éventuellement constituer une grande menace pour la production agricole elle-même. L'indicateur du risque posé par les espèces exotiques envahissantes (EEE), actuellement en préparation, doit aider à évaluer les tendances des populations (leur effectif et leur distribution) d'espèces exotiques envahissantes ayant une importance en agriculture (voir le tableau 26-1). Il sera aussi utilisé pour renseigner sur les grandes menaces de ces espèces pour la santé des écosystèmes agricoles et pour les échanges en agriculture. L'indicateur calculé sera associé à des espèces particulières ou des groupes d'espèces, à l'échelle locale, régionale ou nationale. Il sera construit à l'aide de données sur la présence et l'abondance des EEE et d'un indice de* pouvoir envahissant. *Cette information sera combinée à des données spatiales et à des renseignements sur les facteurs clés réputés influer sur la distribution des espèces envahissantes, notamment les pratiques de gestion agricole.*

## ■ L'ENJEU

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont en général des espèces non indigènes agressives qui, laissées sans contrôle, se multiplient et dominent un écosystème, réduisant ainsi la *biodiversité indigène* et, ce faisant, nuisent aux fonctions de l'écosystème. Elles migrent par diverses voies naturelles (graines emportées vers les rives; « passagers » sur les oiseaux, les mammifères et les insectes migrateurs; spores et maladies véhiculées par des arthropodes) et par les activités humaines. L'intensification des échanges commerciaux et des voyages dans le monde a exacerbé le problème en ouvrant de nouvelles possibilités d'introduction de ces espèces.

Comme les autres systèmes écologiques, les écosystèmes agricoles ont besoin d'un certain degré de biodiversité pour maintenir leurs fonctions. Cependant, les écosystèmes agricoles sont en général écologiquement simplifiés (par exemple, les *monocultures*) et, partant, plus susceptibles à l'action des espèces exotiques envahissantes que les systèmes naturels. Les espèces envahissantes peuvent donc contribuer à une augmentation des coûts de production et, dans certains cas, elles pourraient imposer une lourde charge financière à la production agricole elle-même. Les espèces exotiques envahissantes ont même entraîné des embargos commerciaux en vertu des règles de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) (par exemple, la galle verruqueuse de la pomme de terre, la cécidie) et un fléchissement des prix des denrées (par exemple, la présence de graines de la mauvaise herbe *Solanum* dans le soya). En fait, un grand nombre de ravageurs actuels en agriculture sont des espèces exotiques envahissantes qui ont été introduites à un certain moment au cours des 100 dernières années. D'autres effets sur la productivité peuvent découler de l'*hybridation* entre des espèces non indigènes et des espèces indigènes étroitement apparentées, de la disparition de prédateurs et de parasites indigènes, de la réduction de la biodiversité des espèces indigènes et de leurs populations, de l'extinction globale d'espèces indigènes et de changements dans les processus des écosystèmes.

## ■ L'INDICATEUR

L'indicateur du risque posé par les espèces exotiques envahissantes servira à évaluer les tendances des distributions des populations et du nombre de ces espèces dans les habitats agricoles et révélera les grandes contraintes ou menaces pour la santé des écosystèmes agricoles et le commerce agricole attribuables :

1) aux EEE existant au Canada

2) aux espèces exotiques établies qui pourraient devenir envahissantes

3) aux EEE connues, absentes actuellement du Canada, mais qui ont de fortes possibilités d'y être introduites.

***Tableau 26-1 : Exemples d'espèces exotiques envahissantes ayant une importance pour l'agriculture canadienne***

| Nom commun | Nom scientifique | Denrée touchée | Région d'origine |
|---|---|---|---|
| Charançon de la graine du chou | *Ceutorhynchus obstrictus* (Marsham) | Canola | Europe |
| Chardon des champs | *Cirsium arvense* (L.) Scopoli | Orge, canola, maïs, blé | Eurasie |
| Spirale de la pomme | *Cydia pomonella* (L.) | Pomme | Eurasie |
| Doryphore de la pomme de terre | *Leptinotarsa decemlineata* (Say) | Pomme de terre | Amérique du Sud |
| Pourriture du collet et pourridié | *Phytophthora cactorum* (Lebert and Cohn) Schröter | Pomme | Inconnue |
| Pissenlit | *Taraxacum officinale* (Weber) | Pâturages, fourrages, vergers, vignobles, jardins potagers, cultures annuelles | Europe |
| Altise de crucifère, altise des navets | *Phyllotreta cruciferae* (Goeze), *Phyllotreta striolata* (F.) | Canola | Europe |
| Euphorbe ésule | *Euphorbia esula* (L.) | Pâturages, parcours naturels | Eurasie |
| Puceron du melon/du coton, puceron de la digitale, puceron vert du pêché | *Aphis gossypii* (Glover), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Myzus persicae* (Sulzer) | Cultures de serre | |
| Centaurée maculée, centaurée diffuse | *Centaurea diffusa* Lamarck, *Centaurea maculosa* Lamarck | Parcours naturels, pâturages | Eurasie |
| Folle avoine | *Avena fatua* L. | Orge, blé | Eurasie |

L'indicateur du risque posé par les espèces exotiques envahissantes sera exprimé en classes de risque pour des espèces particulières ou des groupes d'espèces (pour une denrée) à l'échelle locale, régionale ou nationale, à un moment donné. En comparant les résultats sur l'indicateur obtenu avec le temps, on pourra déterminer si le degré de risque augmente ou diminue sous l'effet de changements dans les pratiques de gestion agricole, notamment des tendances nationales de l'industrie (par exemple, l'importation de semences).

*Les écosystèmes agricoles sont en général écologiquement simplifiés et, partant, plus susceptibles à l'action des espèces exotiques envahissantes que les systèmes naturels.*

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur du risque des EEE en est à ses premiers stades d'élaboration, mais des données d'enquête antérieures et en temps réel serviront à déterminer la présence et l'abondance des EEE. Des données taxonomiques et écologiques disponibles sur les espèces exotiques envahissantes seront utilisées pour obtenir un indice de pouvoir envahissant. L'algorithme de l'indicateur du risque posé par les EEE sera alors construit à partir de cette information qui sera combinée à des données spatiales sur la distribution des EEE (par exemple, à partir de relevés périodiques sur les insectes et les mauvaises herbes) et des espèces indigènes qui sont leur apparentées; à des données sur les facteurs biophysiques (climat, type de sol, paysage); à des données sur le mode d'aménagement des terres et le couvert végétal; et à des données sur les pratiques de gestion (par exemple, utilisation de pesticides). L'indicateur couvrira diverses échelles (régionale, provinciale ou nationale).

## ■ LIMITES

La valeur d'un indicateur, quel qu'il soit, est directement liée à la qualité des données utilisées pour son calcul. Un potentiel de risque ne peut être attribué que si les « caractéristiques du pouvoir envahissant » sont clairement définies. De plus, bien qu'un nombre appréciable de ravageurs agricoles soit des espèces exotiques envahissantes et que des méthodes aient déjà été élaborées pour mesurer les changements dans les tendances de

leurs populations, les bonnes données biologiques sur ces envahisseurs possibles sont encore limitées. En conséquence, les caractérisations du « pouvoir envahissant » ne seront que des estimations. Des évaluations en temps réel sont possibles seulement si des enquêtes annuelles, couvrant l'ensemble d'une région, sont conduites et s'il existe un ensemble de données de base disponibles à des fins de comparaison.

Il faut des recherches constantes pour améliorer nos connaissances et notre compréhension des EEE, notamment des études en profondeur sur la biologie d'espèces choisies afin de se renseigner davantage sur ce qui les rend envahissantes, des études taxonomiques de groupes réputés contenir des EES et des enquêtes internationales pour déterminer les sources les plus probables d'envahisseurs possibles et les voies d'invasion.

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les producteurs peuvent s'efforcer de réduire les pressions exercées par les espèces exotiques envahissantes et améliorer la santé de l'environnement agricole en adoptant des pratiques de gestion bénéfiques comme la conservation des habitats qui améliorent la biodiversité indigène; la réduction au minimum de l'altération des habitats (par exemple, par le travail réduit du sol); l'application d'approches de la lutte intégrée fondée sur des facteurs biologiques (par exemple, des cultivars résistant aux EEE) et l'utilisation d'agents de lutte biologique ciblant précisément les espèces exotiques envahissantes.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Hallman, G.J. and C.P. Schwalbe (éd.), 2002. *Invasive Arthropods in Agriculture: Problems and Solutions*. Science Publishers Inc. Enfield (New Hampshire).

National Research Council (NRC), 2002. *Predicting Invasions of Nonindigenous Plants and Plant Pests*. NRC, Committee on the Scientific Basis for Predicting the Invasive Potential of Nonindigenous Plants and Plant Pests in the United States. National Academy Press, Washington (D.C.).

Pimentel, D. (éd.), 2002. *Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species*. CRC Press, Boca Raton (Floride).

# 27. Biodiversité du sol

**AUTEUR :**
C. A. Fox

**NOM DE L'INDICATEUR :**
Indicateur de la biodiversité du sol

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*Les organismes présents dans le sol sont des éléments essentiels des agroécosystèmes; ils contribuent de façon vitale aux fonctions du sol et aux processus qui s'y déroulent. Sans ces organismes, le sol serait un milieu stérile qui ne pourrait pas se prêter aux cultures agricoles. L'indicateur de la biodiversité du sol en cours de préparation a pour but de déterminer comment divers facteurs environnementaux et anthropiques, notamment l'utilisation des terres et les pratiques de gestion agricole, peuvent influer sur l'habitat des organismes présents dans le sol et sur l'abondance potentielle de leurs populations. Les réactions de ces populations peuvent avoir un effet sur les fonctions du sol nécessaires à la croissance optimale des cultures.*

## ■ ENJEU

Les organismes présents dans le sol – ou le biote du sol – sont essentiels au fonctionnement des agroécosystèmes, lesquels sont indispensables pour assurer la durabilité à long terme de l'agriculture. Ils sont responsables des processus essentiels qui se déroulent dans le sol et ils jouent un rôle prédominant dans le maintien de la qualité du sol nécessaire à la productivité des cultures. Les organismes du sol favorisent la création et le maintien d'une structure favorable dans le sol, ils suppriment les pathogènes et les parasites, ils facilitent la dégradation et la décomposition des résidus de culture et libèrent des éléments nutritifs précieux pour la croissance des plantes, ils contribuent au stockage du carbone dans le sol en mélangeant les matières organiques avec les minéraux que renferme le sol et ils facilitent la dégradation des substances chimiques et engrais ajoutés au sol (Brussaard et coll. 1997; Altieri 1999).

*Les organismes présents dans le sol sont essentiels au fonctionnement des agroécosystèmes.*

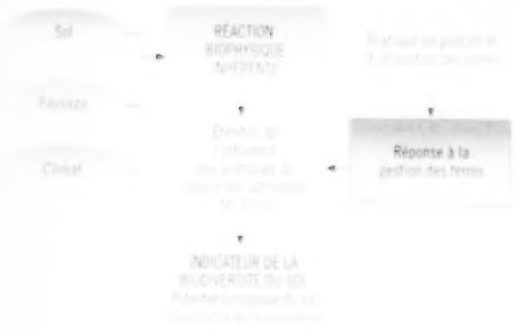
Les populations qui forment le *biote* du sol réagissent aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de leur environnement, ainsi qu'aux diverses pressions ou stress d'origine naturelle ou anthropique (causés par l'homme) qui s'exercent sur l'écosystème du sol (Fox et MacDonald 2003). Les agresseurs environnementaux comprennent l'érosion du sol, la perte de matière organique dans le sol et les changements climatiques qui influent sur la température et les régimes d'humidité. Les agresseurs anthropiques qui ont un effet sur les organismes du sol sont habituellement liés aux changements dans le type, l'intensité et la durée de l'utilisation des terres et dans les pratiques de gestion du sol. Ces pressions peuvent influer sur les habitats du biote du sol, sur leur composition en espèces et sur l'abondance des populations, et ainsi altérer la capacité des organismes du sol d'assurer les fonctions vitales nécessaires à une croissance optimale des cultures dans le sol. On possède très peu de données à l'échelle régionale sur la répartition des populations du biote du sol dans les divers agroécosystèmes au Canada.

## ■ INDICATEUR

La répartition des populations du biote du sol dépend d'abord et avant tout des facteurs environnementaux qui caractérisent une région donnée (p. ex., le type de sol, les attributs paysagers, les conditions climatiques). Les interactions entre ces attributs environnementaux déterminent le genre et le nombre d'organismes qui peuvent exister dans l'habitat du sol. Dans cette optique, le profil de répartition des populations dans le sol peut être défini à partir de la Réponse biophysique inhérente (RBI).

L'indicateur de la biodiversité du sol (voir la figure 27-1) illustrera deux aspects : premièrement, l'abondance potentielle des populations prédite pour les différents groupes du biote à partir de leur Réponse biophysique inhérente à l'environnement et, deuxièmement, l'influence des impacts anthropiques (Réponse à la gestion des terres) sur cette abondance des populations. Les impacts anthropiques associés à l'Indicateur de la biodiversité du sol ont trait aux profils de répartition des

*Figure 27-1 : Modèle conceptuel suggéré pour le développement de l'indicateur de la biodiversité du sol*




## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Un cadre préliminaire est en cours de préparation pour l'indicateur de la biodiversité du sol. On calculera la RBI au moyen d'un modèle du nombre de populations en fonction des attributs du sol et de données sur la réponse des groupes du biote du sol aux attributs paysagers (p. ex., élévation et pente) et aux variables climatiques. Les données sur la réponse reposeront sur les avis d'experts corroborés par des données d'études expérimentales effectuées sur le terrain. Les impacts anthropiques ou la Réponse à la gestion des terres (RGT) seront déterminés à l'échelle des polygones des pédopaysages du Canada (PPC) à partir des réponses du biote du sol à divers types d'utilisation des terres (p. ex., cultures utilisées) et de pratiques de gestion (p. ex., travail du sol, résidus de culture). On déterminera l'influence éventuelle de ces facteurs sur les populations du biote du sol à partir des données recueillies sur le terrain, des sources documentaires et des avis d'experts. L'indicateur portera au début sur les groupes d'organismes du sol suivants : les vers de terre, les arthropodes et les champignons mycorhiziens.

## ■ LIMITES

Comme l'indicateur de la biodiversité du sol est un modèle de prévision, il présentera une évaluation relative de l'abondance potentielle des populations (des plus faibles aux plus nombreuses) à partir des données scientifiques disponibles et des avis des experts. La vérification sur le terrain sera essentielle pour confirmer la qualité et la sensibilité du modèle de réponse sur le plan de sa capacité à représenter l'abondance relative des populations des groupes du biote du sol à l'échelle du paysage. Le Canada n'a pas encore un ensemble de données exhaustif sur la répartition du biote du sol. Pour le moment, l'approche du modèle de prévision à l'aide de données scientifiques provenant d'études expérimentales effectuées sur le terrain est la façon la plus valable d'obtenir les premières cartes de réponse du biote du sol à l'échelle régionale; en effet une surveillance réelle des populations du biote du sol dans tout le paysage est impossible au Canada étant donné les énormes superficies en jeu.

Il est nécessaire de procéder à la collecte de données sur la réponse des groupes du biote du sol sur les plans de la composition et des préférences écologiques dans les principaux agroécosystèmes au Canada, et sur les effets que les changements au niveau du profil d'utilisation des terres et des pratiques de gestion agricole ont sur ces populations du biote du sol. D'autres données sont également requises sur le risque que les agresseurs environnementaux et anthropiques présentent pour certains groupes du biote du sol. Ces données seront essentielles pour raffiner les modèles relationnels basés sur les attributs environnementaux qui sont utilisés pour prédire l'abondance potentielle inhérente des populations et pour déterminer les tendances en matière de réponse aux impacts anthropiques.

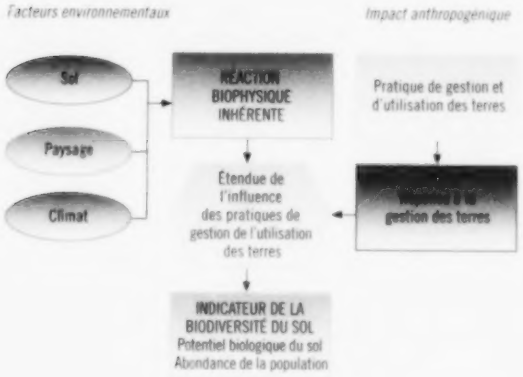
## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Selon les sources documentaires et les études expérimentales, les populations du biote du sol répondent positivement à des conditions du sol caractérisées par des perturbations minimales de

***Figure 27-1 : Modèle conceptuel suggéré pour le développement de l'indicateur de la biodiversité du sol***




terres (types de culture) et de pratiques de gestion agricole (travail du sol, présence de résidus) qui influent sur la nature de l'habitat du sol auquel les populations du biote du sol réagissent positivement ou négativement, et finalement sur l'abondance potentielle des populations ainsi que sur la composition des espèces.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

Un cadre préliminaire est en cours de préparation pour l'Indicateur de la biodiversité du sol. On calculera la RBI au moyen d'un modèle du nombre de populations en fonction des attributs du sol et de données sur la réponse des groupes du biote du sol aux attributs paysagers (p. ex., élévation et pente) et aux variables climatiques. Les données sur la réponse reposeront sur les avis d'experts corroborés par des données d'études expérimentales effectuées sur le terrain. Les impacts anthropiques ou la Réponse à la gestion des terres (RGT) seront déterminés à l'échelle des polygones des pédo-paysages du Canada (PPC) à partir des réponses du biote du sol à divers types d'utilisation des terres (p. ex., cultures utilisées) et de pratiques de gestion (p. ex., travail du sol, résidus de culture). On déterminera l'influence éventuelle de ces facteurs sur les populations du biote du sol à partir des données recueillies sur le terrain, des sources documentaires et des avis d'experts. L'indicateur portera au début sur les groupes d'organismes du sol suivants : les vers de terre, les arthropodes et les champignons mycorhiziens.

## ■ LIMITES

Comme l'Indicateur de la biodiversité du sol est un modèle de prévision, il présentera une évaluation relative de l'abondance potentielle des populations (des plus faibles aux plus nombreuses) à partir des données scientifiques disponibles et des avis des experts. La vérification sur le terrain sera essentielle pour confirmer la qualité et la sensibilité du modèle de réponse sur le plan de sa capacité à représenter l'abondance relative des populations des groupes du biote du sol à l'échelle du paysage. Le Canada n'a pas encore un ensemble de données exhaustif sur la répartition du biote du sol. Pour le moment, l'approche du modèle de prévision à l'aide de données scientifiques provenant d'études expérimentales effectuées sur le terrain est la façon la plus valable d'obtenir les premières cartes de réponse du biote du sol à l'échelle régionale; en effet une surveillance réelle des populations du biote du sol dans tout le paysage est impossible au Canada étant donné les énormes superficies en jeu.

Il est nécessaire de procéder à la collecte de données sur la réponse des groupes du biote du sol sur les plans de la composition et des préférences écologiques dans les principaux agroécosystèmes au Canada, et sur les effets que les changements au niveau du profil d'utilisation des terres et des pratiques de gestion agricole ont sur ces populations du biote du sol. D'autres données sont également requises sur le risque que les agresseurs environnementaux et anthropiques présentent pour certains groupes du biote du sol. Ces données seront essentielles pour raffiner les modèles relationnels basés sur les attributs environnementaux qui sont utilisés pour prédire l'abondance potentielle inhérente des populations et pour déterminer les tendances en matière de réponse aux impacts anthropiques.

## ■ RÉSULTATS

Cet indicateur étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Selon les sources documentaires et les études expérimentales, les populations du biote du sol répondent positivement à des conditions du sol caractérisées par des perturbations minimales de

l'habitat du sol et une stabilité de l'apport en éléments nutritifs (Fox 2003). Les méthodes de travail de conservation du sol regroupent des pratiques de gestion qui peuvent aider à combler ces besoins, car elles permettent de maintenir une source fiable de résidus de culture en surface, de réduire les effets des perturbations mécaniques, de la compaction et de l'érosion du sol. La rotation des cultures, notamment avec l'inclusion de cultures fourragères, de légumineuses et de céréales, assure un apport d'éléments nutritifs (carbone et azote) au niveau des systèmes radiculaires des plantes et améliore la structure du sol, ce qui en favorise l'habitat.

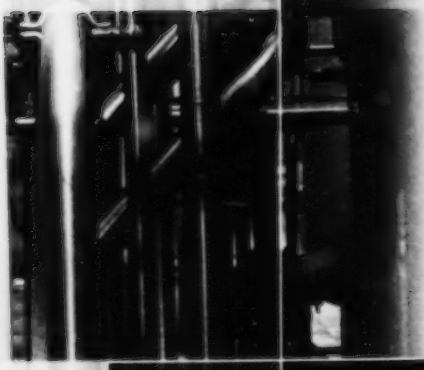
## ■ BIBLIOGRAPHIE


Altieri, M.A., 1999. *The Ecological Role of Biodiversity in Agroecosystems*. Agriculture, Ecosystems & Environment. 74 (1-3) : 19-31.

Brusaard, L., V.M. Behanpelletier, D.E. Bignell, D.E. Brown, W. Didden, P. Folgarait, C. Fragoso, D.W. Freckman, V.V. S.R. Gupta, T. Hattori, D.L. Hawksworth, C. Klopateck, P. Lavelle, D.W. Malloch, J. Rusek, B. Soderstrom, J.M. Tiedje, et R.A. Virginia, 1997. *Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil*. Ambio, 26 (8) : pages 563-570.

Fox, C.A. et K.B. MacDonald, 2003. *Challenges Related to Soil Biodiversity Research in Agroecosystems – Issues Within the Context of Scale of Observation*. Revue canadienne de la science du sol (numéro spécial : Soil Biodiversity in Canadian Agroecosystems). 83 : 231-244.

Fox, C. A., 2003. *Characterizing Soil Biota in Canadian Agroecosystems: State of Knowledge in Relation to Soil Organic Matter*. Revue canadienne de la science du sol (numéro spécial : Soil Biodiversity in Canadian Agroecosystems). 83 : 245-257.



# Secteur de la transformation des aliments et des boissons

G

# 28. Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre

**AUTEURS :**
M. Marcotte,
D. Maxime,
Y. Arcand

**NOMS DES INDICATEURS :**
(1) Indicateur de l'intensité énergétique
(2) Indicateur de l'intensité en gaz à effet de serre

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*L'industrie des aliments et des boissons (IAB) consomme de l'énergie lors de la transformation, la préservation, la salubrité, l'entreposage et l'emballage des aliments. Dans la plupart des sous-secteurs de l'IAB, les coûts de l'énergie sont en général faibles comparés à ceux de la matière première. Cependant, avec l'augmentation des prix de l'énergie, cette industrie a de plus en plus intérêt à accroître son efficacité en matière de consommation d'énergie. Les experts conviennent qu'il existe une véritable possibilité d'augmentation de l'efficacité énergétique dans ce secteur, possibilité qui pourrait se traduire par un avantage économique concurrentiel. De plus, puisque les différentes sources d'énergie utilisées par l'IAB (le gaz naturel, l'électricité, le mazout, etc.) peuvent nuire à l'environnement à divers degrés, l'efficacité de l'utilisation énergétique peut être utilisée pour rendre compte des effets environnementaux liés aux besoins énergétiques du secteur. Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont un problème environnemental particulier étroitement lié à la consommation d'énergie par l'industrie. Par une amélioration de l'efficacité énergétique, l'industrie des aliments et des boissons peut contribuer à l'effort national visant à la réalisation des objectifs du Canada en matière de réduction des émissions de GES.*

*Deux indicateurs d'écoefficacité sont actuellement en préparation pour évaluer ce qui suit : (1) l'intensité énergétique dans l'IAB, ou encore la consommation d'énergie par unité de production matérielle (un aspect directement lié à l'efficacité de l'utilisation d'énergie); et (2) l'intensité en GES, ou la quantité totale d'émissions de GES générée par unité d'énergie consommée; cette composante servira à évaluer l'effet sur les émissions de GES des diverses sources d'énergie employées par l'industrie.*

## ■ L'ENJEU

L'industrie des aliments et des boissons a besoin d'énergie pour ses activités. La plupart des usines disposent d'une chaudière centrale à combustible et consomment également de l'électricité. Cette énergie est distribuée dans l'ensemble de l'usine et convertie en énergie thermique ou mécanique pour la transformation des aliments, leur préservation et leur salubrité, leur entreposage en atmosphère contrôlée ainsi que leur conditionnement. La conservation et la salubrité des aliments exigent un strict contrôle de la température, alors que les procédés clés reposent sur des transferts de chaleur et de masse. Dans les procédés à chaud (p. ex., le séchage, la cuisson, la friture, l'évaporation, la pasteurisation, la stérilisation), le gaz naturel, les produits pétroliers et l'électricité sont, en général, employés comme sources d'énergie, alors que les procédés à froid (p. ex., la congélation, le refroidissement, la réfrigération) reposent presque intégralement sur l'électricité. La composition de la demande d'énergie a été relativement constante au fil des années dans l'industrie canadienne des aliments et des boissons, avec environ 62 p. 100 de l'énergie provenant du gaz naturel, 26 p. 100 de l'électricité, 4 p. 100 du mazout et 7 p. 100 d'autres sources (p. ex., le propane, le butane, le charbon) (Office de l'efficacité énergétique, 2004).

Dans la plupart des secteurs de l'IAB, les coûts de l'énergie représentent en général moins de 10 p. 100 des coûts de production, la moyenne se situant entre 4 p. 100 et 5 p. 100 (voir le tableau 28-1), alors qu'environ 80 p. 100 des coûts de fabrication directs sont attribuables à la matière première. C'est cette situation qui explique que l'industrie soit peu incitée à accorder une attention particulière à sa consommation d'énergie. Cependant, ces dernières années, les prix de l'énergie ont grimpé plus rapidement que l'indice des prix à la consommation. Ce facteur a entraîné à la hausse les coûts de la transformation et des matières premières (principalement attribuables au transport), ce qui en général a provoqué une hausse des prix des aliments et des boissons. Comme cet effet économique est facilement ressenti par les consommateurs, l'industrie est directement encouragée à améliorer son efficacité énergétique.

***Tableau 28-1 : Pourcentage des coûts de la fabrication des aliments et des boissons attribué à la consommation d'énergie***

| Sous-secteurs de l'industrie des aliments et des boissons | Ratio du coût de l'énergie au coût de production |
|---|---|
| Mouture | 16 % |
| Équarrissage et transformation de la viande à partir de carcasses | 11 % |
| Distilleries | 10 % |
| Usinage du riz et maltene | 10 % |
| Brasseries | 8 % |
| Fabrication de boissons | 7 % |
| Fabrication du sucre | 7 % |
| Fabrication de crème glacée et de desserts congelés | 6 % |
| Fabrication d'autres aliments | 5 % |
| Fabrication d'aliments pour animaux | 4 % |
| Abattage des animaux | 4 % |
| Meunerie et fabrication d'huile | 4 % |
| Fabrication de lait de consommation | 2 % |

Source: Navam et coll. 2001

L'autre incitation vient du fait que, comme dans la plupart des secteurs manufacturiers, le gros (plus de 80 p. 100) des émissions de gaz à effet de serre par l'IAB est directement associé à la consommation d'énergie (Competitive Analysis Centre Inc., 1999). Une augmentation de l'efficacité énergétique de l'IAB entrainerait donc également une réduction de ses émissions de gaz à effet de serre. Au cours de la dernière décennie, l'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère est devenue une préoccupation mondiale, et le protocole de Kyoto a été mis au point pour servir d'outil permettant de la ralentir. Dans le cadre de ce protocole, le Canada a pris l'engagement international de réduire, d'ici à 2012, ses émissions de GES à 6 p. 100 de moins qu'en 1990; de plus, les demandes pour la mise en œuvre de politiques permettant de réduire les GES s'intensifient. Bien que les émissions directes de gaz à effet de serre par l'industrie des aliments et des boissons ne représentent que 1,2 p. 100 des émissions globales de GES par le Canada (3,3 p. 100 des émissions par le secteur manufacturier) (Office de l'efficacité énergétique, 2004), l'IAB peut contribuer à la réalisation de l'objectif de réduction des émissions nationales.

## ■ L'INDICATEUR

Deux sous-indicateurs ont été conçus relativement à ces problèmes. Tout d'abord, l'indicateur de l'intensité énergétique (IIE) évalue l'écoefficacité de l'utilisation énergétique par l'industrie des aliments et des boissons. Dans ce contexte, l'intensité énergétique s'entend de la quantité d'énergie nécessaire pour obtenir une unité de production matérielle (p. ex., une tonne de viande ou un hectolitre de bière). Cet indicateur est semblable à celui qu'utilise l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada. L'objectif en matière de rendement de l'indicateur serait une réduction de l'intensité énergétique.

Si l'IIE donne une indication des efforts consacrés à l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie, il n'évalue pas les effets sur l'environnement, dont les émissions de GES, qui peuvent être engendrés selon la nature et l'origine de l'énergie employée. On propose donc un second sous-indicateur — l'indicateur de l'intensité en gaz à effet de serre (IIG) — pour évaluer l'effet de diverses combinaisons de sources d'énergie sur la production de GES. Par exemple, si on utilise plus de gaz naturel mais moins de mazout lourd, l'IIG diminuera. Dans cette perspective, « intensité en gaz à effet de serre » s'entend de la quantité totale de GES émise par unité d'énergie consommée. L'objectif en matière de rendement de cet indicateur serait une réduction de l'intensité, c'est-à-dire que le secteur de l'IAB utilise un ensemble « plus propre » de sources d'énergie.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur de l'intensité énergétique sera un calcul agrégé de données sur les sous-secteurs déclarées à l'échelle provinciale et nationale (voir le chapitre 2). Il s'agira d'un ratio obtenu en divisant la consommation d'énergie (CE) par la production (unité de production matérielle ou UPM). Les données de Statistique Canada sur les livraisons par le secteur manufacturier serviront à déterminer les unités de production. Deux principales sources de données (les enquêtes de Statistique Canada) seront employées pour calculer la somme de l'énergie consommée par chaque sous-secteur de l'IAB : l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie (ECIE) (Office de l'efficacité énergétique, 2004) et l'Enquête annuelle sur les

industries manufacturières (EAIM), qui rapportent les achats d'énergie ainsi que d'autres statistiques industrielles. Cependant, ces enquêtes n'évaluent pas la situation à l'étape de la fabrication ni à l'échelon de l'unité d'exploitation, où sont en général introduites les meilleures pratiques d'exploitation. Des vérifications volontaires d'usine et la documentation seront donc mises à contribution pour obtenir des données à cet échelon et raffiner l'évaluation. Des facteurs de conversion seront appliqués pour transformer les quantités d'énergie (p. ex., de combustible) en unités d'énergie normalisée (térajoules) (Statistique Canada, 2004).

L'indicateur de l'intensité en GES calculé sera le ratio obtenu en divisant les émissions totales de GES (exprimées en millions de tonnes (Mt) d'équivalents $CO_2$) par la consommation énergétique totale (semblable à la CE précédente). Les émissions de GES seront déduites pour la plupart des mêmes données sur la consommation d'énergie décrites antérieurement, mais cette fois, ces données seront ventilées par composante (électricité, gaz naturel, mazout, etc.) en utilisant des coefficients d'émissions publiés (Environnement Canada, 2004). L'industrie des aliments et des boissons produit quatre grands gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone ($CO_2$), le méthane ($CH_4$), l'oxyde nitreux ($N_2O$) et les agents de réfrigération (p. ex., le CFC 134a). Les plus récentes valeurs du Potentiel de réchauffement du climat mondial (PRCM) obtenues par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat pour ces quatre gaz (Houghton et coll. 2001) seront employées aux fins de comparaison et de présentation de rapports combinés. Le PRCM est la contribution de chaque gaz à l'effet de serre selon sa capacité d'absorber le rayonnement et son temps de séjour dans l'atmosphère. Des mesures des GES sur place sont prévues pour valider les hypothèses et déterminer quantitativement les effets des meilleures méthodes d'exploitation, pour raffiner ainsi cette évaluation.

*Une augmentation de l'efficacité énergétique de l'IAB entraînerait donc également une réduction de ses émissions de gaz à effet de serre.*

## ■ LIMITES

Les valeurs de la consommation d'énergie extraites de l'Enquête annuelle sur la consommation industrielle d'énergie ne sont pas ventilées par région, ce qui complique la présentation des résultats par province. Cette limite serait partiellement surmontée par l'utilisation concomitante de résultats de l'Enquête annuelle sur les industries manufacturières, où la taille de l'échantillon est plus vaste.

L'approche proposée, fondée sur les résultats d'enquêtes, ne peut prendre en compte que les émissions de GES associées à la consommation d'énergie. Elle ne tiendra pas compte des émissions de GES résultant de la décomposition de résidus organiques solides (estimées à 12 p. 100 des émissions totales). La quantité calculée sera donc une sous-estimation des émissions totales de GES. De plus, les GES étant estimés à partir de coefficients de conversion statistiques, ils ne traduiront pas toujours la situation réelle de l'industrie, qui variera selon les procédés utilisés. Certaines hypothèses devront être formulées sur le caractère complet de la combustion des produits dérivés du pétrole dans les chaudières. Des mesures et des analyses sur place serviront à la validation.

## ■ RÉSULTATS

Les deux sous-indicateurs étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Il existe une abondante littérature sur les énormes possibilités de réduction de l'intensité énergétique dans les secteurs manufacturiers par des modifications des procédés de fabrication (p. ex., en passant de la fabrication discontinue à une production continue) ou par l'adoption de meilleures pratiques d'exploitation. Même dans les procédés relativement normalisés, comme ceux qu'utilisent les usines laitières, des études ont montré que la consommation d'énergie par litre de lait produit peut doubler ou tripler selon les méthodes appliquées, en particulier lors des étapes énergivores comme l'homogénéisation et la pasteurisation (Office de l'efficacité énergétique, 2001). À titre de meilleures pratiques d'exploitation, citons l'emploi de chaudières, de moteurs et de systèmes d'éclairage plus efficaces, la récupération

de la chaleur résiduelle et les moteurs à vitesse réglable. Des vérifications aux usines peuvent aider à déterminer les stades où les plus grandes économies pourraient être réalisées. Cependant, comme la plupart de ces pratiques doivent être introduites dans le procédé de fabrication, des études au cas par cas sont habituellement nécessaires. Il existe quelques guides sur l'efficacité énergétique de certains sous-secteurs de l'industrie des aliments et des boissons, notamment ceux de la viande, de la volaille, des boissons et des produits laitiers (Ressources naturelles Canada, 2002) et des brasseries (Lom & Associates, 1996), mais des guides de ce type n'ont pas encore été préparés pour tous les secteurs.

Les rapports entre les effets de la consommation énergétique et les émissions de GES sont bien connus. Les meilleures pratiques d'exploitation qui peuvent contribuer à la réduction des émissions de GES sont étroitement liées à celles qui permettent de réaliser l'efficacité énergétique à l'échelon de l'usine. Les réductions des émissions de GES seront facilitées en appliquant des technologies de base de conservation d'énergie, en améliorant les systèmes de contrôle des chaudières pour assurer une combustion plus complète, en utilisant de l'azote au lieu du $CO_2$ dans les canaux de refroidissement et en récupérant le méthane ainsi que le $CO_2$ des effluents des chaudières pour le convertir en composés non volatiles. Comme pour l'indicateur d'intensité énergétique, il faudra des études au cas par cas pour déterminer les meilleures pratiques d'exploitation les plus bénéfiques.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Competitive Analysis Centre Inc. (CACI), 1999. *Food Processing Industry: Foundation Paper and Options Analysis*. Rapport du sous-groupe de l'industrie de la transformation alimentaire, préparé pour la Table de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur les changements climatiques. CACI, Ottawa (Ont.).

Environnement Canada, 2004. *Inventaire canadien des gaz à effet de serre, 1990-2002*. Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre, Ottawa (Ont.). http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/1990_02_report/toc_f.cfm

Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, K. Trenberth, et C.A. Johnson (éd.), 2001. *Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au troisième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GEIEC)*. Publié pour le GEIEC, Cambridge University Press, New York (NY). http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/

Lom & Associates, 1998. *Les possibilités d'amélioration du rendement énergétique dans l'industrie brassicole canadienne*. Association des brasseurs du Canada, Ottawa (Ont.). http://oee.rncan.gc.ca/infosource/pdfs/M27-01-945F.pdf

Ressources naturelles Canada, 2001. *Energy Performance Indicator Report: Fluid Milk Plants*. Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency, Ottawa (Ont.).

Ressources naturelles Canada, 2004. *Guide des données sur la consommation d'énergie, 1990 et 1996 à 2002*, 3e éd. Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique, Ottawa (Ont.). http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/accueil.cfm?attr=0

Ressources Naturelles Canada et Agence de l'efficacité énergétique du Québec, 2002. *Guide sur les possibilités d'accroître l'efficacité énergétique dans l'industrie de la transformation des viandes et volailles, des boissons et de la transformation du lait*. Ressources Naturelles Canada, Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, Varennes (Québec). http://www.aee.gouv.qc.ca/pdf/publications/guide_agroalimentaire.pdf

Navarri, P., A. Legault et S. Bédard, 2001. *Process Integration*. Presentation at the Seminar "Managing Waste and Wastewater in the Food Processing Industry", organized by Manitoba Hydro, 21 novembre, 2001, à Winnipeg (Manitoba). Ressources Naturelles Canada, Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, Varennes (Quebec).

Statistique Canada, 2004. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 2003* (série annuelle en cours). Statistique Canada, Ottawa (Ont.).

# 29. Consommation d'eau et formation d'effluents

**AUTEURS :**
D. Maxime,
M. Marcotte,
Y. Arcand

**NOM DES INDICATEURS :**
(1) Intensité du prélèvement d'eau
(2) Intensité du déversement de matières organiques avec les eaux usées

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*L'industrie des aliments et des boissons (IAB) prélève d'énormes quantités d'eau de l'environnement pour la transformation, la préparation de produits ainsi que pour le nettoyage et la désinfection. Cette consommation d'eau s'accompagne d'un coût d'exploitation appréciable et exerce des contraintes sur une ressource naturelle restreinte. La qualité de l'eau revêt une importance primordiale dans la satisfaction des normes d'hygiène et de sécurité alimentaire. Une forte proportion de l'eau utilisée (près de 91 p. 100) retourne par la suite dans le milieu naturel, principalement par le réseau d'égouts publics, sous forme d'effluents charriant de la matière organique dissoute ou en suspension qui peut être source de pollution. Bien que ces effluents ne soient pas toxiques, il faut les traiter pour les rendre conformes aux normes environnementales locales, ce qui peut devenir assez coûteux. La qualité des effluents revêt une importance particulière pour cette industrie, compte tenu de la grande qualité de l'eau dont elle a besoin. L'IAB a donc intérêt à atténuer les effets de sa production sur la qualité et la disponibilité de l'eau.*

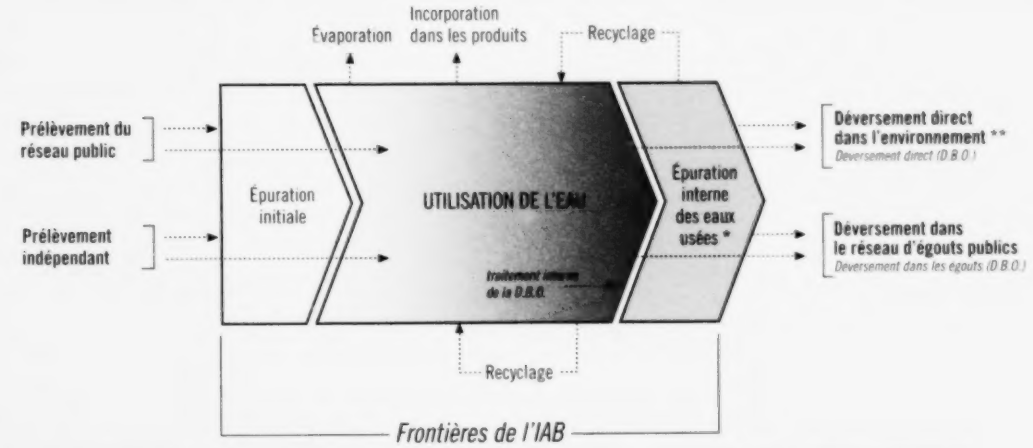
*Deux indicateurs d'écoefficacité, actuellement en préparation, serviront à évaluer ce qui suit : (1) l'intensité du prélèvement d'eau par l'IAB, ou le volume d'eau soustrait de l'environnement par unité de production physique (un aspect directement lié à l'efficacité de l'utilisation de l'eau); et (2) l'intensité du déversement de matières organiques avec les eaux usées, ou la quantité totale de matières organiques contenues dans les eaux usées déversées par unité de production physique. Ces deux indicateurs permettront en partie d'évaluer l'ampleur de la contamination éventuelle de l'eau (ou les coûts du traitement) par les effluents de l'IAB.*

## ■ L'ENJEU

L'eau occupe une place d'importance dans les procédés de fabrication et dans la préparation des aliments. L'industrie des aliments et des boissons (IAB) ne pourrait tout simplement pas fonctionner sans un approvisionnement en eau nécessaire à ses opérations de transformation alimentaire : l'eau est employée comme ingrédient de fabrication (milieu de préparation, liquide de couverture, principal ingrédient des boissons); comme milieu de transfert thermique (p. ex., pour la décongélation ou la congélation, le chauffage, la pasteurisation); comme solvant (p. ex., pour l'extraction, le marinage, le saumurage); comme source d'énergie mécanique (p. ex., pour le transport de produits); pour le lavage, le nettoyage et la désinfection; pour la production de vapeur dans les chaudières et pour l'élimination de certains déchets (Kirby et coll. 2003). Tous ces besoins font de l'IAB un gros utilisateur d'eau, comptant pour environ 6 p. 100 de la consommation totale d'eau par le secteur manufacturier (380,7 millions de mètres cubes d'eau au Canada en 1996) (Environnement Canada 2002). Une caractéristique particulière de la consommation d'eau par l'IAB tient dans la qualité de l'eau dont elle a besoin. Selon l'usage prévu à l'usine et peu importe la source (que l'eau soit prélevée directement de puits, de cours d'eau, de lacs ou d'estuaires ou achetée des services publics), l'eau peut nécessiter une épuration avant son utilisation, soit pour des raisons hygiéniques (l'eau entrant en contact avec les aliments doit avoir la qualité de l'eau potable) soit pour des raisons techniques (elle doit être purifiée avant d'être introduite dans les chaudières).

L'augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'eau se traduira par une baisse des contraintes appliquées à cette ressource naturelle restreinte. De plus, la plupart des procédés engendrent également des effluents. Près de 91 p. 100 de l'eau utilisée par les usines de transformation est retournée dans le milieu (principalement par les égouts publics) sous forme d'effluents qui transportent des quantités de matières organiques dissoutes ou en suspension qui

***Figure 29-1 : Diagramme de circulation de l'eau et des eaux usées dans une usine de transformation alimentaire***




* Si applicable
** Doivent se conformer à la réglementation en vigueur

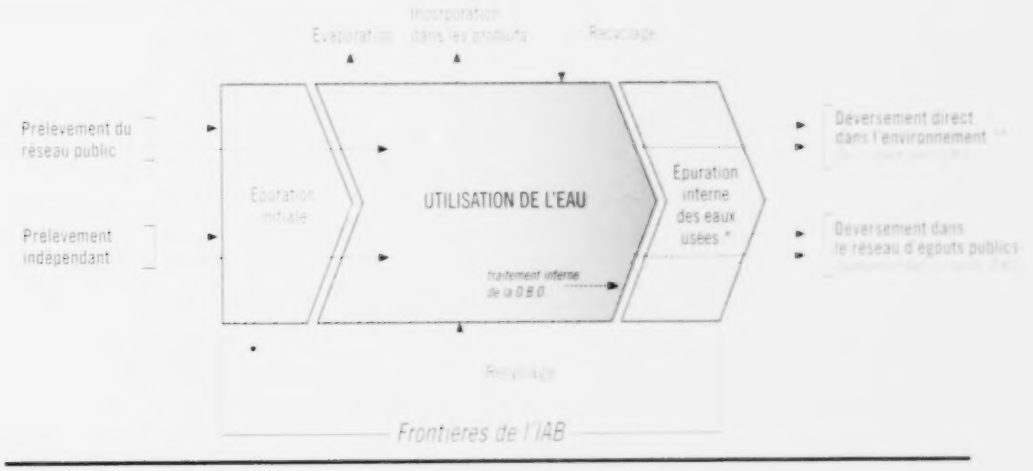
peuvent être source de pollution. En conséquence, toute intervention permettant d'optimiser l'utilisation de l'eau peut aider à réduire la quantité d'agents polluants introduite dans l'environnement. Vu la forte diversification de l'industrie des aliments et des boissons, les effluents formés varient considérablement en quantité et en qualité. Cependant, ils possèdent certaines caractéristiques relativement communes : forte teneur en matière organique (protéines, hydrates de carbone et matières grasses), fortes demandes chimique et biochimique en oxygène et, à l'occasion, forte concentration d'azote. Ces effluents peuvent être canalisés vers un système public d'épuration des eaux usées ou traités sur place dans une installation réservée à cette fin avant d'être déversés directement dans l'environnement ou dans un réseau d'égouts (figure 29-1). Une partie des eaux usées peut aussi être libérée sans traitement dans l'environnement, à condition qu'elles satisfassent aux normes locales sur le déversement et que la réutilisation interne ne soit pas possible. La qualité des effluents est une question qui revêt une importance considérable pour l'industrie, compte tenu de la grande qualité de l'eau dont elle a besoin. En fait, l'épuisement des réserves en eau de grande qualité dans certaines parties du pays a déjà fait grimper les coûts de l'approvisionnement en eau industrielle et augmenter les demandes aux services hydrauliques publics pour qu'ils trouvent de nouvelles sources d'approvisionnement (Environnement Canada 2004).

## ■ LES INDICATEURS

Deux indicateurs ont été mis au point relativement à ces questions. Tout d'abord, l'Indicateur de l'intensité du prélèvement d'eau (IPE) qui vise à évaluer l'écoefficacité de l'utilisation de l'eau par l'industrie des aliments et des boissons. Dans ce contexte, intensité du prélèvement d'eau s'entend du volume d'eau soustrait de l'environnement pour obtenir une unité de production physique (p. ex., une tonne d'aliment fabriqué ou un hectolitre de boisson). Cet indicateur tiendra compte de tous les prélèvements, soit directement du milieu, soit des systèmes d'adduction publics, mais exclura l'eau recyclée (c.-à-d. l'eau réutilisée par l'usine au moins une fois). Une augmentation du taux de recyclage de l'eau se traduirait par une diminution de la quantité prélevée et, partant, par une amélioration de la performance environnementale.

Alors que l'IPE donne une indication de l'effort consacré à accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau, il n'indique pas les effets sur la qualité de l'eau, qui peuvent découler des quantités et de la nature des eaux usées quittant les usines de l'IAB. On propose donc un deuxième indicateur – l'intensité du déversement de matières organiques avec les eaux usées (IDMOEU) pour évaluer la masse totale de matières organiques qui sont libérées soit directement dans l'environnement soit dans le réseau d'égouts publics avec les effluents de l'IAB. Dans ce cas, « intensité » renvoie à la masse de matières organiques déversées par unité de

***Figure 29-1 : Diagramme de circulation de l'eau et des eaux usées dans une usine de transformation alimentaire***




* S'applique

** Devant se conformer à la réglementation en vigueur

peuvent être source de pollution. En conséquence, toute intervention permettant d'optimiser l'utilisation de l'eau peut aider à réduire la quantité d'agents polluants introduite dans l'environnement. Vu la forte diversification de l'industrie des aliments et des boissons, les effluents formés varient considérablement en quantité et en qualité. Cependant, ils possèdent certaines caractéristiques relativement communes : forte teneur en matière organique (protéines, hydrates de carbone et matières grasses), fortes demandes chimique et biochimique en oxygène et, à l'occasion, forte concentration d'azote. Ces effluents peuvent être canalisés vers un système public d'épuration des eaux usées ou traités sur place dans une installation réservée à cette fin avant d'être déversés directement dans l'environnement ou dans un réseau d'égouts (figure 29-1). Une partie des eaux usées peut aussi être libérée sans traitement dans l'environnement, à condition qu'elles satisfassent aux normes locales sur le déversement et que la réutilisation interne ne soit pas possible. La qualité des effluents est une question qui revêt une importance considérable pour l'industrie, compte tenu de la grande qualité de l'eau dont elle a besoin. En fait, l'épuisement des réserves en eau de grande qualité dans certaines parties du pays a déjà fait grimper les coûts de l'approvisionnement en eau industrielle et augmenter les demandes aux services hydrauliques publics pour qu'ils trouvent de nouvelles sources d'approvisionnement (Environnement Canada 2004).

## ■ LES INDICATEURS

Deux indicateurs ont été mis au point relativement à ces questions. Tout d'abord, l'Indicateur de l'intensité du prélèvement d'eau (IPE) qui vise à évaluer l'écoefficacité de l'utilisation de l'eau par l'industrie des aliments et des boissons. Dans ce contexte, intensité du prélèvement d'eau s'entend du volume d'eau soustrait de l'environnement pour obtenir une unité de production physique (p. ex., une tonne d'aliment fabriqué ou un hectolitre de boisson). Cet indicateur tiendra compte de tous les prélèvements, soit directement du milieu, soit des systèmes d'adduction publics, mais exclura l'eau recyclée (c.-à-d. l'eau réutilisée par l'usine au moins une fois). Une augmentation du taux de recyclage de l'eau se traduirait par une diminution de la quantité prélevée et, partant, par une amélioration de la performance environnementale.

Alors que l'IPE donne une indication de l'effort consacré à accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau, il n'indique pas les effets sur la qualité de l'eau, qui peuvent découler des quantités et de la nature des eaux usées quittant les usines de l'IAB. On propose donc un deuxième indicateur – l'intensité du déversement de matières organiques avec les eaux usées (IDMOEU) pour évaluer la masse totale de matières organiques qui sont libérées soit directement dans l'environnement soit dans le réseau d'égouts publics avec les effluents de l'IAB. Dans ce cas, « intensité » renvoie à la masse de matières organiques déversées par unité de

production physique obtenue. Pour les deux indicateurs, l'objectif en matière de performance serait une réduction de l'intensité, c'est-à-dire que l'industrie des aliments et des boissons augmenterait son écoefficacité en utilisant moins d'eau ou en causant moins de pollution par les matières organiques.

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'indicateur de l'intensité du prélèvement d'eau (IPE) sera calculé chaque année en divisant le volume d'eau prélevé par la production. Le volume d'eau prélevé sera la somme des volumes utilisés (exprimés en milliers de mètres cubes), incluant toutes les quantités provenant directement du milieu (eaux souterraines, eaux superficielles ou eaux estuariennes) et du réseau public d'adduction d'eau, mais excluant l'eau des matières premières. L'eau de pluie et de la fonte des neiges serait également exclue, sauf si elle entre dans les opérations de transformation. Le volume total de la production annuelle sera exprimé en unités de masse dans le cas des aliments solides et en unités de volume dans celui des liquides. Des enquêtes facultatives permettront de recueillir des données, car la plupart des usines disposent déjà facilement d'information sur l'utilisation de l'eau (sur les factures d'achat et les relevés de la consommation) et de données sur la production. L'indicateur sera calculé pour chaque usine ayant fait l'objet d'une enquête puis les valeurs agrégées à l'échelon provincial et national. Les résultats seront aussi regroupés pour les huit principaux segments de l'IAB (voir le chapitre 2). Les utilisations traditionnelles de l'eau par une usine (p. ex., pour les besoins des employés et pour le chauffage et la climatisation d'air), qui sont habituellement indiquées dans les relevés et les factures, seront distinguées dans l'enquête. Des évaluations détaillées sur place auront également lieu pour déterminer quantitativement les volumes moyens nécessaires aux divers usages et autoriser une validation précise de l'approche de l'enquête.

*Toute intervention permettant d'optimiser l'utilisation de l'eau peut aider à réduire la quantité d'agents polluants introduite dans l'environnement.*

L'Indicateur de l'intensité du déversement de matières organiques avec les eaux usées (IDMOEU) calculé sera représenté par la masse totale de matières organiques déversées (en kg) divisée par la production. La masse totale de matières organiques déversées sera obtenue pour chacun des effluents qui quitte l'usine en multipliant deux données : la charge en matières organiques et le débit moyen. La charge en matières organiques sera déterminée quantitativement à partir de la demande biologique totale d'oxygène (D.B.O.) des effluents de l'usine. Ces quantités sont habituellement connues, car les usines ont besoin de cette information pour déterminer si elles doivent épurer leurs eaux usées pour les rendre conformes aux normes énoncées par les autorités municipales ou le ministère provincial de l'Environnement. Les données seront recueillies lors d'enquêtes facultatives. L'indicateur sera calculé pour chaque usine ayant fait l'objet d'une enquête puis les résultats seront agrégés à l'échelon provincial et national ainsi que par sous-secteur de l'IAB.

## ■ LIMITES

Ces deux indicateurs ont plusieurs limites. Ils ne peuvent couvrir tous les aspects pertinents de l'utilisation de l'eau et de la production d'effluents. Par exemple, les volumes d'eaux usées rapportés seront limités au déversement de matières organiques, bien que d'autres paramètres (p. ex., l'azote, le phosphore, les agents pathogènes, les huiles et les graisses, le pH et les particules en suspension) pourraient aussi être considérés pour couvrir un large éventail d'effets possibles sur l'environnement. Cependant, la clarté de l'indicateur souffrirait probablement si cette approche plus vaste était adoptée. L'autre limite tient dans ce que la D.B.O. ne mesure pas nécessairement la charge organique totale d'un effluent.

L'approche choisie, soit la présentation des résultats sous forme agrégée, s'accompagne également de certains désavantages compte tenu de la grande

diversité des utilisations de l'eau et des propriétés des effluents des usines de transformation, ainsi que des variations qui peuvent survenir d'une année à l'autre. L'interprétation sera particulièrement difficile. Par exemple, le regroupement à l'échelon du secteur des boissons peut masquer le fait qu'il faut de deux à trois fois plus d'eau, en moyenne, pour produire un litre de bière qu'un litre de boisson gazeuse (Moletta 2002). D'autres limites peuvent être imposées par la nécessité de protéger la confidentialité de ceux qui participent aux enquêtes, ce qui pourrait même empêcher une ventilation par région ou par province pour certains sous-secteurs.

## ■ RÉSULTATS

Les deux indicateurs étant encore en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

Les changements de méthodes et les améliorations techniques (meilleures pratiques d'exploitation) peuvent avoir un effet positif sur l'intensité du prélèvement d'eau et sur les quantités de matières organiques déversées avec les effluents. Par exemple, de nombreuses industries ont diminué sensiblement leurs prélèvements d'eau sans nécessairement réduire leurs besoins, simplement en appliquant des méthodes d'exploitation plus efficaces. Des mesures dont les coûts sont nuls ou faibles, comme l'arrêt automatique de l'alimentation en eau, la détection des fuites, le sous-mesurage et le contrôle de la consommation d'eau sont faciles à appliquer et donnent de très bons résultats. Les possibilités de recyclage de l'eau peuvent aussi être déterminées par des analyses de procédés ou des audits de l'usine. En général, ces interventions donnent lieu à des économies parallèles d'énergie (Wardrop Engineering 1999), car l'eau est largement utilisée comme fluide de chauffage ou de refroidissement. L'approche qui permet de réduire au minimum la consommation d'eau peut aussi s'appliquer à la réduction de la contamination des eaux usées et peut s'accompagner d'avantages financiers additionnels sans déroger aux normes d'hygiène et de qualité. Les méthodes de prévention de la pollution sont en général plus complexes et leur mise en œuvre plus coûteuse, car elles demandent une intervention sur les procédés eux-mêmes. La réduction de l'intensité (ou l'augmentation de l'efficacité) dans le cas de ces deux indicateurs pourrait se traduire par des économies appréciables au chapitre de la consommation d'eau et de l'épuration des eaux usées.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Environnement Canada, 2002. *Utilisation industrielle de l'eau, 1996*. Environnement Canada, Direction de l'utilisation durable des eaux, Ottawa (Ont.). http://www.ec.gc.ca/water/fr/info/pubs/sss/f_ind96.htm

Environnement Canada, 2004. *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*. Institut national de recherche sur les eaux (INRE), rapport nº 3, Séries de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE et série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC, nº 1. Environnement Canada, INRE, Burlington (Ont.). http://www.nwri.ca/threats2full/intro-f.html

Kirby, R.M., J. Bartram, et R. Carr, 2003. *Water in Food Production and Processing: Quantity and Quality Concerns*. Food Control. 14 (5): 283-299.

Moletta, R. (éd.), 2002. *Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires* (Collection Sciences & Techniques Agroalimentaires [STAA]). Tec & Doc, Paris (France).

Wardrop Engineering Inc., 1999. *Guide to Resource Conservation and Cost Savings Opportunities in the Ontario Meat and Poultry Sector*. Série de guides sur la conservation des ressources publiés par le ministère de l'Environnement de l'Ontario. Wardrop, Toronto (Ont.).

# 30. Déchets d'emballage et résidus organiques solides

**AUTEURS :**
Y. Arcand,
M. Marcotte,
D. Maxime

**NOM DES INDICATEURS :**
(1) Indicateur de l'intensité des résidus organiques (IRO)
(2) Indicateur de l'intensité des emballages nécessaires (IEN)

**SITUATION :**
En préparation

## ■ SOMMAIRE

*L'industrie des aliments et des boissons (IAB) produit de grandes quantités de* résidus solides, *organiques particulièrement, ainsi que de matériaux d'emballage. Les résidus organiques sont un résultat direct de la transformation de la matière première. Bien qu'ils ne soient que faiblement toxiques, leur sensibilité à la pourriture (caractère putrescible) en fait une source possible de problèmes de santé publique et de contamination de l'environnement. Les emballages protègent les aliments et les boissons contre l'altération, permettent d'inscrire des renseignements sur les produits et facilitent le transport. L'élimination des déchets d'emballage (après la consommation des aliments) revient dans la plupart des cas aux consommateurs. L'élimination des résidus solides constitue un coût direct pour l'IAB, ainsi qu'une occasion manquée lorsque ces résidus ne sont pas recyclés en facteurs de production. Il est possible de parvenir à des hausses d'écoefficacité lorsque l'on utilise moins de matériaux et lorsqu'ils sont retournés en moins grandes quantités dans l'environnement. Alors que des efforts considérables de recyclage et de valorisation des déchets ont été appliqués aux stades de la transformation et de l'après-consommation, il existe peu de données sur la performance globale du secteur canadien des aliments et des boissons à ce chapitre.*

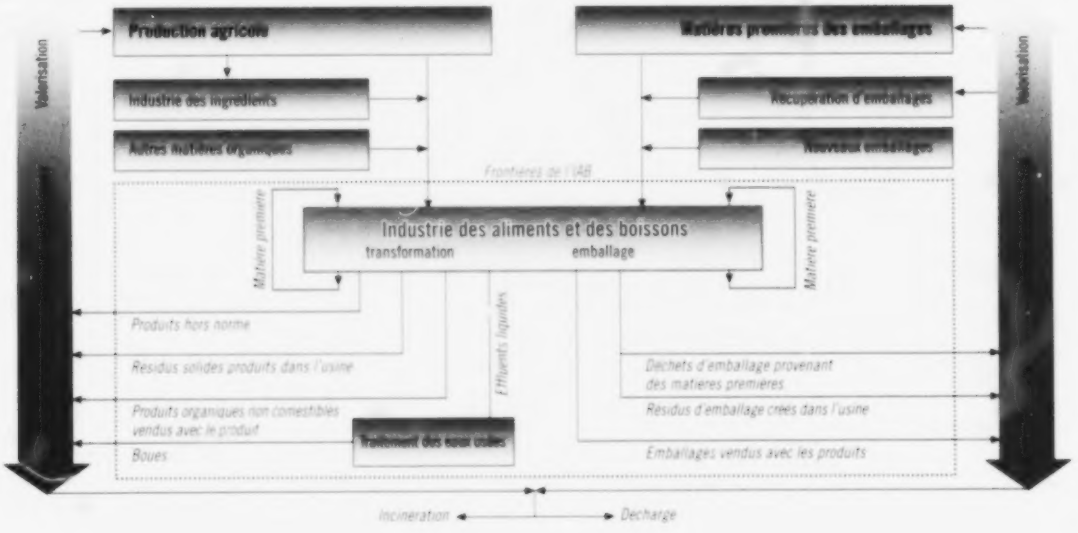
*Deux indicateurs d'écoefficacité sont actuellement en préparation dans le but d'évaluer : (1) l'intensité des résidus organiques de l'IAB, c'est-à-dire la quantité de matières organiques non vendues par unité physique de produit fabriqué, qui donne une indication de l'efficacité des approches utilisées pour réduire au minimum les quantités de résidus organiques produites; et (2) l'intensité des emballages nécessaires, qui donnera une idée de la quantité globale de déchets d'emballage produite à l'échelon de l'usine et de la consommation.*

## ■ L'ENJEU

En 2002, plus de 30,5 millions de tonnes de résidus solides, tous types confondus, ont été produits au Canada, soit environ 971 kg par habitat, dont 211 kg ont été recyclés. Près de 40 p. 100 de la portion recyclée provenaient de la collecte des déchets résidentiels, 49 p. 100 de la collecte des déchets des industries, des commerces et des collectivités et 11 p. 100 des déchets de construction, de rénovation et de démolition (Statistique Canada 2004). Bien que l'industrie des aliments et des boissons produise très peu de déchets toxiques ou dangereux (à moins d'accidents), elle engendre une grande quantité de résidus organiques et est à l'origine d'un gros volume de déchets d'emballage de produits alimentaires.

Les matières résiduelles organiques (MRO) sont le résultat direct de la transformation de la matière première. Par exemple, dans le secteur de la transformation de la viande, la portion des produits transformés qui n'est pas destinée à la consommation directe constitue souvent plus de 40 p. 100 de la masse des matières premières initiales (Ockerman et Hansen 1998). La partie comestible des fruits et légumes ne représente que 10 à 50 p. 100 des matières premières (après le tri, l'épluchage et l'élimination des produits « hors norme », c'est-à-dire ceux qui ne répondent pas aux normes de qualité, etc.). Certains de ces sous-produits sont « recyclés » sous forme de matières premières pour la fabrication d'autres produits dans la même usine ou une usine différente (p. ex., l'industrie de l'équarrissage et la production d'aliments pour animaux) ou comme matières premières pour la fabrication de compost ou comme facteurs de production agricole (p. ex., l'épandage sur les terres de boues résiduaires organiques). Il est possible d'augmenter l'écoefficacité par une réduction des sources ou par la réutilisation, le recyclage ou la récupération des résidus pour obtenir de précieux facteurs de production. Dans ces cas, une moins forte quantité de résidus est retournée dans le milieu, ce qui évite certains problèmes qui pourraient autrement survenir en raison de leur caractère putrescible.

***Figure 30-1 : Flux des matières résiduelles organiques et des déchets d'emballage d'aliments dans l'industrie des aliments et des boissons***




Les emballages ont trois principales fonctions : ils protègent les aliments et les boissons contre la saleté; permettent d'inscrire des renseignements sur les produits et facilitent le transport (pour les consommateurs ainsi que pour la distribution en amont). Ils sont faits de divers matériaux (p. ex., de verre, de métal, de plastique, de papier, de carton) qui sont combinés de façon de plus en plus complexe pour créer des emballages primaires (c'est-à-dire qui viennent en contact direct avec les aliments et les boissons) qui répondront à des spécifications techniques très rigoureuses. En 1997, l'industrie des aliments et des boissons absorbait 56 p. 100 de tous les produits d'emballage utilisés par les industries manufacturières (Saint Pierre, 2000). Malgré les efforts consacrés par l'IAB pour réduire la quantité de matériaux d'emballage employée, ses achats à ce poste sont à la hausse. L'une des façons d'augmenter l'écoefficacité consisterait à réduire la quantité de matériaux utilisés pour l'emballage, ce qui contribuerait à réduire le coût de la matière première des emballages. Il faut souligner que l'emballage des aliments est un marché qui engendre des recettes de plus de 20 milliards de dollars au Canada (Richard 2003). La réduction de l'utilisation de matériaux d'emballage peut aussi atténuer certaines des contraintes environnementales associées à la gestion de ce type de déchets.

La figure 30-1 illustre le trajet des résidus organiques et des déchets d'emballage dans une usine caractéristique de l'IAB. Dans les deux cas, les options de gestion vont de l'élimination complète à la récupération/la valorisation des déchets. Alors que la décharge sanitaire et l'incinération sont des méthodes d'élimination, la valorisation suppose la réutilisation des matériaux à l'intérieur du circuit ou le recyclage. Deux axes principaux peuvent être explorés pour tenter de gérer plus efficacement les résidus solides organiques et les déchets d'emballage : l'axe industriel et l'axe de la consommation. Chacun d'eux comporte différentes options de valorisation et d'élimination.

## ■ LES INDICATEURS

Deux indicateurs liés à ces questions sont actuellement en préparation. Tout d'abord, l'Indicateur de l'intensité des résidus organiques (IRO) qui vise à évaluer l'écoefficacité de la gestion des résidus organiques dans les sous-secteurs de l'industrie canadienne des aliments et des boissons. Plus précisément, l'indicateur servira à estimer la quantité de matière organique non vendue par unité physique de produit fabriqué et, partant, à évaluer l'efficacité des approches appliquées pour réduire au

*Figure 30-1 : Flux des matières résiduelles organiques et des déchets d'emballage d'aliments dans l'industrie des aliments et des boissons*

minimum la quantité de résidus organiques engendrée. L'indicateur tiendra compte de toute la matière organique entrant dans l'usine, moins celle qui est vendue sous forme de produit ou de sous-produit. Tout matériau restant, qui doit être éliminé en l'envoyant à l'extérieur ou pour lequel il faut payer pour qu'il soit envoyé à l'extérieur, est considéré comme un résidu. L'objectif en matière de performance pour cet indicateur serait une réduction de l'intensité des résidus organiques.

Le deuxième indicateur en préparation – l'Indicateur de l'intensité des emballages nécessaires (IEN) – servira à estimer la quantité (masse) d'emballage utilisée par unité de production physique fabriquée. Il donnera une idée des efforts consacrés par une usine donnée à réduire la quantité d'emballages utilisée chaque année (réduction de la source). Il tiendra compte de tous les articles d'emballage associés aux produits manufacturés et vendus en plus des résidus produits à l'usine (soit reçus avec les matières premières soit formés durant la transformation). Cependant, dans le cas des matériaux réutilisés (p. ex., les palettes de bois ou les bouteilles de bière), seuls les produits de remplacement seront calculés pour éviter la double comptabilisation. L'objectif en matière de performance pour cet indicateur serait la réduction de la masse totale de tous les matériaux d'emballage accompagnant la production et la consommation du produit.

*Bien que l'industrie des aliments et des boissons produise très peu de déchets toxiques ou dangereux, elle engendre une grande quantité de résidus organiques et est à l'origine d'un gros volume de déchets d'emballage de produits alimentaires.*

## ■ MÉTHODE DE CALCUL

L'Indicateur de l'intensité des résidus organiques (IRO) sera une valeur agrégée, calculée à partir de données sur les sous-secteurs signalés à l'échelle provinciale et nationale (voir le chapitre 2). L'IRO est simplement la quantité totale (poids sec) de matière organique provenant des résidus de production divisée par la production (unité de production physique ou UPP). Les données économiques de Statistique Canada sur les livraisons de produits manufacturés seront utilisées pour déterminer ces unités de production. La quantité de résidus organiques produite par une usine donnée et quittant cette usine peut être facilement estimée par la différence entre la quantité totale de matières premières organiques (qui entre dans l'usine) utilisée pour obtenir une unité de production et la quantité de matières organiques contenues dans cette unité de production (vendue). En général, les sociétés de produits alimentaires disposent de ces chiffres, car elles paient les matières premières et doivent garder des dossiers sur la composition des produits et les ventes. Les versions de l'Enquête annuelle des manufactures, de Statistique Canada, propres à divers secteurs présentent des données physiques et financières sur les achats de matières premières et les ventes de produits finis. Ces données seront employées pour les premiers calculs des indicateurs tels qu'ils sont décrits. Un bilan de matière montrera le rapport entre les matières premières transformées en produits finis et les matières résiduelles organiques. De plus, un certain nombre d'usines seront l'objet d'enquêtes facultatives visant à recueillir des données plus détaillées, et des évaluations sur place seront réalisées pour valider la qualité des données obtenues.

De la même façon, l'Indicateur de l'intensité des emballages nécessaires (IEN) calculé sera une valeur agrégée obtenue à partir de données sur les sous-secteurs signalés à l'échelle provinciale et nationale. Le calcul de l'IEN nécessite simplement la connaissance de la masse des divers articles d'emballage qui constituent une unité de transport (p. ex., une palette de produit vendue). Bien que ces chiffres ne soient en général pas obtenus directement, la quantité totale achetée durant une année, divisée par le nombre de palettes vendues au cours de la même période, constitue une excellente approximation. L'estimation de la portion réutilisée (s'il y a lieu) peut être plus compliquée; toutefois, il est possible de trouver une excellente approximation en évaluant les achats faits pour remplacer ces articles au cours d'une période donnée. De plus, les emballages accompagnant les matières premières peuvent être estimés en analysant les lots de matières premières entrant. L'indicateur tiendra compte de tous les matériaux utilisés pour l'emballage, notamment pour l'emballage primaire (qui est en contact avec l'aliment), l'emballage secondaire (qui n'entre pas en contact avec

l'aliment, mais qui se retrouve aux mains des consommateurs) et l'emballage utilisé pour l'expédition (palettes, feuillards, pellicules pour emballage de palettes, caisses d'expédition, etc.). Bien qu'en général ces chiffres ne soient pas connus directement, la quantité totale achetée au cours d'une année, divisée par le nombre de palettes vendues au cours de la même période, peut être utilisée comme estimation. Les données sur les matériaux d'emballage achetés peuvent être extraites (jusqu'à 2004) de l'Enquête annuelle des manufactures et pourront être employées pour le calcul initial de l'indicateur.

## ■ LIMITES

Des données complètes et représentatives sur les résidus organiques solides dans l'industrie des aliments et des boissons sont pratiquement inexistantes (Richard 2003). Il faudra trouver des estimations et les utiliser dans les calculs de l'indicateur, introduisant de ce fait une erreur dont l'ordre de grandeur est inconnu. Des données d'enquête seront employées pour le calcul des deux indicateurs, mais elles peuvent bien ne pas toujours traduire la situation réelle de l'industrie. On ne sait pas encore si les indicateurs seront sensibles aux variations des pratiques d'exploitation qui ont des incidences sur l'environnement. Une mesure et une analyse sur place seront des déterminants clés des phases de développement et de validation.

## ■ RÉSULTATS

Les deux indicateurs étant actuellement en préparation, les résultats ne sont pas encore disponibles.

## ■ MESURES D'INTERVENTION POSSIBLES

En général, l'application du principe des 4 R dans la gestion des déchets, notamment la réduction, la réutilisation, le recyclage et la récupération (Richard 2003), devrait améliorer l'écoefficacité des usines particulières en matière de production de résidus solides (résidus organiques et déchets d'emballage). Il existe diverses méthodes et options de gestion qui supposent la réutilisation et le recyclage des sous-produits organiques dans l'usine même. Lorsque cette approche est appliquée à l'extérieur de l'usine, les résidus sont transformés en produits précieux qui peuvent être utilisés par une autre usine ou une autre industrie. La formation de produits de compost ou de facteurs de production agricole est une autre option possible pour la prise en charge des résidus organiques. La quantité de matériaux d'emballage qui est envoyée aux sites de décharge peut être réduite en appliquant les approches de collecte et/ou de recyclage des emballages (p. ex., la consignation des contenants de verre). Certains efforts ont déjà été consacrés à l'amélioration des matériaux utilisés. Par exemple, les emballages de plastique sont aujourd'hui de 20 p. 100 plus légers qu'il y a 25 ans (Deschênes 1997). Les technologies de valorisation de déchets ne sont pas tellement utilisées dans le cas des emballages; cependant, des recherches considérables ont été consacrées à la mise au point d'emballages biodégradables, compostables et même photodégradables. L'évaluation des cycles de vie (ECV) est de plus en plus utilisée pour comparer les contraintes sur l'environnement attribuables aux matériaux d'emballage et pour aider les gestionnaires à évaluer les contraintes associées aux diverses options d'emballage qui s'offrent à eux.

## ■ BIBLIOGRAPHIE


Deschênes, L., 1997. *Emballage alimentaire: Quoi de neuf pour la conservation?* Le Monde Alimentaire. 1 (5) : 24-28.

Ockerman, H.W. et C.L. Hansen, 2000. *Animal by-product processing and utilization*. Technomic, Lancaster (Pennsylvania).

Richard, F. (éd.), 2003. *Guide de gestion des matières résiduelles à l'intention des dirigeants de petites et moyennes entreprises – Version* canadienne. Éditions Ruffec et NI Environnement, Montréal (Québec). http://www.qc.ec.gc.ca/dpe/Francais/dpe_main_fr.asp?innov_guide_mat_residuelles

Saint-Pierre, E., 2000. *Consommation de produits d'emballage par les industries manufacturières, portrait et tendances*. Statistique Canada, Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie, Ottawa (Ont.). http://www.statcan.ca/francais/research/31F0027MIF/31F0027MIF2000001.htm

Statistique Canada, 2004. *Enquête de l'industrie de la gestion des déchets : secteurs des entreprises et des administrations publiques 2002*. Statistique Canada, Ottawa (Ont.). http://www.statcan.ca/francais/freepub/16F0023XIF/16F0023XIF2002001.pdf

# Résumé national et régional

H

# 31. Résumé national et régional

**AUTEURS :**
W. Eilers et
A. Lefebvre

## ■ SOMMAIRE

*En combinant les connaissances scientifiques actuelles et l'information accessible sur l'utilisation des ressources et les pratiques agricoles, les indicateurs dont traite le présent rapport constituent des moyens pratiques d'évaluer la* durabilité de l'environnement *dans le secteur agroenvironnemental. Ces indicateurs agroenvironnementaux sont conçus pour être sensibles aux changements touchant les principales formes d'utilisation des terres et de techniques agronomiques; c'est pourquoi ils sont des outils efficaces pour l'élaboration de politiques et de programmes.*

*Dans les précédents chapitres du présent rapport, on s'est intéressé à chacun des indicateurs agroenvironnementaux pris individuellement. Dans le présent chapitre, on tente de résumer les principales constatations qu'ont permis de faire les indicateurs de la qualité du sol, de l'air, de l'eau et de la biodiversité, et de souligner les principaux éléments moteurs derrière les résultats obtenus. Les tendances dégagées sur une période de 20 ans et résumées dans la présente section correspondent aux années 1981 à 2001. On les présente d'abord pour le Canada en entier, puis pour chaque province. Il est à noter que les tendances nationales correspondent à des moyennes nationales; elles ne sont pas nécessairement uniformes partout au pays puisque les conditions, les types et les méthodes de production diffèrent d'une région à l'autre. Il est intéressant de constater que, étant donné la grande part (en proportion) de la production agricole provenant des trois provinces des Prairies, les tendances nationales sont souvent déterminées par celles des Prairies. Les différences régionales sont donc mises en évidence dans les sections portant sur chaque province.*

## ■ RÉSUMÉ NATIONAL

**Sol :** De 1981 à 2001, tous les indicateurs de la qualité du sol ont présenté une amélioration considérable (c'est-à-dire dans le sens recherché) à l'échelle nationale :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré élevé et très élevé de couverture du sol est passée de 13 p. 100 à 32 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 78 p. 100 à 86 p. 100;
- la proportion de terres cultivées (Prairies) dans la catégorie de risque très faible d'érosion éolienne est passée de 72 p. 100 à 86 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 38 p. 100 à 50 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie correspondant à une augmentation importante de la teneur du sol en carbone organique est passée de 6 p. 100 à 31 p. 100;
- la proportion de terres agricoles et de terres non agricoles adjacentes (Prairies) dans la catégorie de risque très faible de salinisation est passée de 62 p. 100 à 70 p. 100.

Ces changements positifs sont essentiellement la conséquence de quelques tendances déterminantes en matière de gestion et d'utilisation des terres. Deux changements importants sont survenus en matière de gestion des terres au cours de la période de 20 ans visée : une diminution de 50 p. 100 de la superficie des terres en jachère et une augmentation importante de la proportion de terres cultivées soumises à un travail réduit du sol ou sans travail du sol, augmentation qui a atteint un point tel que jusqu'à 60 p. 100 des terres cultivées étaient soumises à ces pratiques en 2001. Sur le plan de la conservation du sol, les avantages découlant de ces changements ont été renforcés par une augmentation importante de la superficie consacrée aux cultures fourragères (31 p. 100), qui sont généralement moins intensives et qui nécessitent un travail

du sol moins important. Cette augmentation de la superficie de la culture fourragère englobait la conversion de terres peu productives à la production fourragère. L'effet combiné de ces tendances positives en matière de gestion et d'utilisation des terres fait plus que compenser l'effet négatif d'une conversion générale à la culture de végétaux ayant un degré plus faible de couverture du sol et/ou nécessitant une gestion plus intensive (p. ex., canola, soja, légumineuses à grain, pommes de terre), au détriment des céréales surtout. Un autre indicateur de la qualité du sol, celui du risque de contamination du sol par des éléments traces, est en cours d'élaboration.

**Eau :** Il n'y a qu'un seul indicateur de la qualité de l'eau à l'échelle nationale : il s'agit de l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote, avec sa composante de gestion agricole, l'indicateur d'azote résiduel dans le sol. De 1981 à 2001, ces deux indicateurs ont présenté une augmentation globale de risque :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation faible et très faible d'azote résiduel dans le sol est passée de 74 p. 100 à 28 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote (N) est passée de 81 p. 100 à 65 p. 100.

Ces augmentations générales d'azote résiduel (l'azote restant dans le champ après la récolte) et du risque de contamination de l'eau par l'azote ont aussi été causées par des changements en matière de gestion et d'utilisation des terres. En ce qui a trait à la gestion des terres, on a constaté une augmentation importante à l'échelle nationale de la consommation d'engrais (plus particulièrement dans les Prairies). En ce qui concerne l'utilisation des terres, on a observé une augmentation de la superficie consacrée à la culture des légumineuses (accroissement de la fixation de l'azote atmosphérique) et un accroissement général du nombre d'animaux d'élevage (donnant lieu à plus d'azote appliqué sur les terres avec le fumier). Cet accroissement de l'azote disponible n'a pas coïncidé avec une augmentation équivalente des rendements, ce qui a entraîné une augmentation graduelle et lente du risque de 1981 à 1996. Les conditions climatiques défavorables qui ont prédominé en 2001 ont nui aux rendements et ont été responsables d'une augmentation encore plus importante du risque de 1996 à 2001. Trois autres indicateurs sont en cours d'élaboration. L'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore n'est disponible que pour le Québec (voir plus bas), mais il n'y a encore aucune donnée disponible pour les indicateurs de la qualité de l'eau relativement aux pesticides et aux agents pathogènes.

**Air :** Il y a un indicateur de la qualité de l'air à l'échelle nationale — le bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole. De 1981 à 2001, cet indicateur a présenté une tendance générale positive :

- les émissions nettes de gaz à effet de serre (les émissions moins les puits) ont diminué de 2,5 Mt d'équivalents $CO_2$, passant de 57,2 Mt à 54,7 Mt.

Cette réduction globale du bilan des gaz à effet de serre (GES) pour le secteur de l'agriculture résulte principalement de changements en matière d'utilisation des terres et de techniques agronomiques (réduction de la superficie des terres en jachère, augmentation du recours au travail de conservation du sol) ayant entraîné une augmentation importante de la séquestration de carbone dans le sol (+2,5 Mt d'équivalents $CO_2$; voir les indicateurs de la qualité du sol présentés précédemment). L'accroissement de la séquestration de carbone dans les sols agricoles de 1981 à 2001 a plus que contrebalancé les augmentations notables d'émissions d'oxyde nitreux (+6,7 Mt d'équivalents $CO_2$) et de méthane (+3,4 Mt d'équivalents $CO_2$), lesquelles sont en grande partie attribuables à l'importante augmentation de l'utilisation d'engrais azotés et à l'accroissement des populations de bovins de boucherie dont on a fait état précédemment (indicateur de la qualité de l'eau). On élabore actuellement deux autres indicateurs de la qualité de l'air pour tenir compte des émissions d'ammoniac et de particules d'origine agricole.

**Biodiversité :** Pour la biodiversité, il n'y a qu'un seul indicateur à l'échelle nationale — l'indicateur de disponibilité d'habitats fauniques sur les terres agricoles; de 1981 à 2001, cet indicateur a présenté une légère détérioration :

- 19 p. 100 des terres agricoles ont affiché une augmentation soit modérée, soit élevée de la disponibilité de l'habitat faunique, tandis que 30 p. 100 ont présenté une diminution, soit modérée, soit élevée.

Cet indicateur a été soumis à l'effet positif de certaines des tendances en matière de gestion des terres qu'on a abordées précédemment (réduction de la superficie des terres en jachère, milieux appauvris en termes d'espèces) et de changements en matière d'utilisation des terres : accroissement de la superficie consacrée aux cultures fourragères et de la superficie de « toutes les autres terres » (comprenant les milieux boisés et les milieux humides), et conversion d'environ un demi-million d'hectares de terres peu productives dans les Prairies en cultures fourragères pour pâturages artificiels. Cependant, ces améliorations n'ont pas entièrement compensé l'effet négatif de l'augmentation du pourcentage relatif des terres agricoles en culture (passé de 47 p. 100 à 53 p. 100) et la diminution de 3 p. 100 des pâturages naturels riches en espèces. Trois autres indicateurs de la biodiversité sont en cours d'élaboration : ils ont trait au risque de dommages causés par la faune, à la biodiversité du sol et au risque que présentent les espèces exotiques envahissantes.

## ■ COLOMBIE-BRITANNIQUE

**Sol :** De 1981 à 2001, tous les indicateurs de la qualité du sol ont présenté une amélioration considérable (c'est-à-dire, dans le sens recherché) en Colombie-Britannique :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol élevé et très élevé est passée de 24 p. 100 à 55 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 63 p. 100 à 75 p. 100;
- la proportion de terres cultivées (district de la rivière de la Paix) dans la catégorie de risque très faible d'érosion éolienne est passée de 94 p. 100 à 97 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 58 p. 100 à 78 p. 100;
- la proportion de terres cultivées où la teneur du sol en carbone organique augmente est passée de 32 p. 100 à 38 p. 100.

Ces changements positifs concordent avec les tendances nationales et découlent principalement de modifications considérables en matière de gestion et d'utilisation des terres. Deux importants changements dans la gestion des terres sont survenus dans l'intervalle de 20 ans visé : une diminution de 42 p. 100 de la superficie des terres en jachère (passée de 9 p. 100 à 6 p. 100), principalement dans la région centrale intérieure et la région de la rivière de la Paix, et une augmentation de la proportion de terres cultivées soumises à un travail réduit du sol ou sans travail du sol (passée de 17 p. 100 à 36 p. 100 des terres cultivées). L'effet positif sur la conservation du sol est également le résultat du remplacement des cultures nécessitant un travail du sol intensif par des cultures qui en nécessitent moins. Comme dans les Prairies, il y a eu une augmentation importante de la production fourragère (passée de 53 p. 100 à 67 p. 100). L'effet combiné de ces tendances positives en matière de gestion et d'utilisation des terres a été plus important que l'effet négatif d'une augmentation de 10 p. 100 des terres cultivées, de la réduction de la superficie consacrée à la culture du blé de printemps (-38 p. 100) et à celle du blé d'hiver (-50 p. 100), qui laissent beaucoup de résidus, et de l'augmentation de la superficie consacrée à des cultures laissant peu de résidus (p. ex., légumineuses à grain, baies et raisin).

**Eau :** L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote, avec sa composante, l'indicateur d'azote résiduel dans le sol, est appliqué en Colombie-Britannique. De 1981 à 2001, conformément à la tendance nationale, ces deux indicateurs ont présenté une augmentation globale de risque :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation faible et très faible d'azote résiduel dans le sol est passée de 75 p. 100 à 58 p. 100;

- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote est passée de 62 p. 100 à 51 p. 100.

Cette augmentation globale de l'azote résiduel dans le sol et du risque de contamination de l'eau par l'azote a été entraînée par l'évolution de la gestion et de l'utilisation des terres. Pour la gestion des terres, les facteurs importants comprennent les ventes élevées d'engrais azotés et l'augmentation de l'azote disponible venant des apports de fumier (provenant surtout de la volaille), particulièrement dans les régions du Sud-Est de l'île de Vancouver et des basses-terres continentales. Ici aussi, conformément à la tendance nationale, on a constaté une augmentation de la superficie consacrée à la culture des légumineuses (accroissement de la fixation de l'azote atmosphérique). Cette augmentation de l'azote disponible s'est assortie d'une légère diminution des retraits d'azote (rendements).

**Air :** De 1981 à 2001, de légères fluctuations des émissions nettes de GES en Colombie-Britannique ont été constatées, mais sans changement global :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont été constantes, demeurant à 2,6 Mt d'équivalents $CO_2$ (5 p. 100 des émissions nationales d'origine agricole, approximativement).

Les émissions d'oxyde nitreux ont été constantes et sont restées à 1 Mt d'équivalents $CO_2$, tandis que les émissions de méthane ont monté légèrement (+0,1 Mt d'équivalents $CO_2$), surtout à cause de l'accroissement des populations d'animaux d'élevage. Cette augmentation a été contrebalancée par une réduction équivalente des émissions de $CO_2$ (-0,1 Mt d'équivalents $CO_2$) découlant d'une diminution des terres en jachère et d'une légère augmentation du recours au travail de conservation du sol.

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, les résultats de l'indicateur de disponibilité d'habitats fauniques sur les terres agricoles ont indiqué une détérioration globale de la situation :

- 12 p. 100 des terres agricoles ont présenté une augmentation modérée ou élevée de la disponibilité de l'habitat faunique, tandis que 49 p. 100 de ces terres affichaient une diminution modérée ou élevée.

La diminution de la superficie des terres en jachère, appauvries en termes d'espèces, et l'augmentation de la superficie de « toutes les autres terres » (comprenant les milieux boisés et les milieux humides) ont eu un effet positif sur cet indicateur, mais l'amélioration ne compense pas entièrement l'effet négatif d'une réduction de 2 p. 100 des pâturages naturels riches en espèces et d'une diminution de 3 p. 100 du pourcentage relatif des pâturages artificiels.

## ■ ALBERTA

**Sol :** Conformément à la tendance nationale, tous les indicateurs de la qualité du sol ont présenté une amélioration considérable de 1981 à 2001 :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol élevé et très élevé est passée de 17 p. 100 à 57 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 80 p. 100 à 90 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion éolienne est passée de 86 p. 100 à 94 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 66 p. 100 à 87 p. 100;
- la proportion de terres cultivées présentant une augmentation de la teneur du sol en carbone organique est passée de 16 p. 100 à 29 p. 100;

- la proportion de terres agricoles et de terres adjacentes dans la catégorie de risque très faible de salinisation est passée de 81 p. 100 à 86 p. 100.

Les changements en matière de gestion et d'utilisation des terres ont été les éléments moteurs les plus importants de ces améliorations. La réduction de 44 p. 100 (près de 1 million d'hectares) de la superficie des terres en jachère et l'augmentation de la proportion de terres cultivées soumise à un travail réduit du sol ou sans travail du sol (passant de 27 p. 100 des terres cultivées, en 1991, à 62 p. 100 en 2001) ont été les principaux changements en matière de gestion des terres. L'évolution de l'utilisation des terres contribuant à cette tendance positive en matière de conservation du sol englobe une augmentation de 49 p. 100 de la superficie consacrée à la culture fourragère et une augmentation de 16 p. 100 des pâturages. L'effet combiné de ces tendances positives en matière de gestion et d'utilisation des terres l'a emporté sur l'effet négatif d'une augmentation de 15 p. 100 des terres cultivées, d'une réduction de la superficie consacrée à la culture des céréales laissant beaucoup de résidus (-8 p. 100) et d'une augmentation de la superficie consacrée à la culture de végétaux laissant peu de résidus, comme les légumineuses à grain, les oléagineux et les pommes de terre.

**Eau :** L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote, avec sa composante, l'indicateur d'azote résiduel dans le sol, a suivi la tendance nationale, présentant une augmentation globale du risque de 1981 à 2001 :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation faible et très faible d'azote résiduel dans le sol a diminué de façon importante, passant de 93 p. 100 à 56 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote a diminué, passant de 97 p. 100 à 87 p. 100.

De toutes les provinces des Prairies, c'est l'Alberta qui a présenté la plus faible accumulation d'azote résiduel dans le sol (ARS), mais des augmentations graduelles de l'azote résiduel dans le sol et du risque de contamination de l'eau par l'azote ont été entraînées par des augmentations importantes de l'utilisation d'engrais et de la production de fumier au cours de la période de 20 ans visée.

L'augmentation de la superficie consacrée à la culture de légumineuses (fixatrices d'azote) a également contribué à cette tendance à la hausse, quoique dans une moindre mesure. Heureusement, les augmentations de rendements et de pertes d'azote ont quelque peu compensé l'augmentation de la disponibilité de l'azote.

**Air :** De 1981 à 2001, l'Alberta est la province qui a connu la plus forte augmentation des émissions nettes de GES :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont augmenté de 2,6 Mt d'équivalents $CO_2$, passant de 17,2 Mt à 19,8 Mt d'équivalents $CO_2$, ce qui représente approximativement 36 p. 100 des émissions nationales d'origine agricole.

Les émissions d'oxyde nitreux ont augmenté de 2,4 Mt d'équivalents $CO_2$, ce changement étant en grande partie attribuable à l'augmentation de l'utilisation d'engrais et des apports d'azote par le fumier. L'augmentation de 3,3 Mt d'équivalents $CO_2$ des émissions de méthane découle de l'accroissement des populations d'animaux d'élevage au cours de la période de 20 ans visée. Ces augmentations ont été contrebalancées par une réduction des émissions de $CO_2$ de 3,1 Mt d'équivalents $CO_2$, ce qui peut s'expliquer par la baisse de la superficie de terres en jachère et par l'augmentation importante du recours au travail de conservation du sol.

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, conformément à la tendance nationale, l'Alberta a affiché des résultats globaux légèrement négatifs pour l'indicateur de disponibilité d'habitats fauniques sur les terres agricoles :

- 27 p. 100 des terres agricoles ont présenté une diminution de la disponibilité de l'habitat faunique, tandis que 14 p. 100 affichaient une augmentation.

Les effets négatifs sur la disponibilité de l'habitat faunique en Alberta comprennent une augmentation de la superficie totale de terres agricoles et de terres cultivées, de même qu'une petite diminution de la superficie de pâturages artificiels. La disponibilité de l'habitat faunique a été avantagée par une réduction de la superficie de terres en jachère et une augmentation de la superficie de « toutes les autres terres ».

## ■ SASKATCHEWAN

**Sol :** De 1981 à 2001, conformément à la tendance nationale, tous les indicateurs de la qualité du sol ont présenté une amélioration considérable (c'est-à-dire, dans le sens recherché) :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol élevé et très élevé est passée de 0 p. 100 à 10 p. 100, tandis que la proportion de ces terres dans la catégorie de degré très faible est passée de 45 p. 100 à 3 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique a augmenté, passant de 85 p. 100 à 92 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion éolienne est passée de 62 p. 100 à 81 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 32 p. 100 à 72 p. 100;
- la proportion de terres cultivées présentant une augmentation de la teneur du sol en carbone organique est passée de 17 p. 100 à 75 p. 100;
- la proportion de terres agricoles et de terres adjacentes dans la catégorie de risque très faible de salinisation est passée de 45 p. 100 à 58 p. 100.

La tendance générale vers une plus grande conservation du sol en Saskatchewan est due à l'évolution de la gestion et de l'utilisation des terres. La diminution des terres en jachère (leur proportion passant de 26 p. 100 à 12 p. 100 des terres agricoles) et du recours au travail classique du sol pour les terres en jachère et les terres ensemencées ont été les principaux changements, en matière de gestion des terres, à contribuer à la conservation accrue du sol. Un autre facteur à l'origine de cette tendance avantageuse est l'augmentation de la superficie consacrée à la culture fourragère et aux pâturages (3 p. 100). L'effet combiné de ces tendances positives en matière de gestion et d'utilisation des terres l'a emporté sur l'effet négatif de l'augmentation de 31 p. 100 des terres cultivées, de la diminution de la superficie consacrée à la culture des céréales laissant beaucoup de résidus (-11 p. 100) et de l'augmentation de 24 p. 100 de la superficie consacrée à des cultures produisent peu de résidus comme les légumineuses à grain et les oléagineux.

**Eau :** De 1981 à 2001, conformément à la tendance nationale, l'indicateur d'azote résiduel dans le sol a montré une augmentation marquée de l'azote résiduel dans le sol, tandis que l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote a révélé une augmentation globale du risque, bien que la majorité des terres soient encore rangées dans les catégories de risque plus faible :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation faible et très faible d'azote résiduel dans le sol est passée de 89 p. 100 à 18 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote est passée de 95 p. 100 à 79 p. 100.

Cette augmentation globale de l'azote résiduel dans le sol et du risque de contamination de l'eau par l'azote a été entraînée par des changements en matière de gestion et d'utilisation des terres. En ce qui a trait à la gestion des terres, les ventes d'engrais azotés et la quantité d'azote disponible provenant du fumier (apports d'azote) ont augmenté tout au long de la période visée. Conformément à la tendance nationale, la superficie consacrée à la culture de légumineuses (accroissement de la fixation de l'azote atmosphérique) a également augmenté. Cette tendance à la hausse de l'azote disponible n'a pas été contrebalancée par une augmentation des retraits d'azote (récolte). Les retraits d'azote ont légèrement augmenté chaque année jusqu'en 2001, année où les conditions climatiques semblent avoir entraîné une diminution des rendements de culture.

**Air :** De 1981 à 2001, la Saskatchewan a le plus contribué à la diminution nationale des émissions nettes de GES :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont diminué de 3,1 Mt d'équivalents $CO_2$, passant de 10,9 à 7,8 Mt d'équivalents $CO_2$, ce qui représente approximativement 14 p. 100 des émissions nationales d'origine agricole.

Les émissions d'oxyde nitreux ont augmenté de 3,5 Mt d'équivalents $CO_2$, en grande partie parce que les producteurs ont eu davantage recours aux engrais afin de mieux équilibrer le rapport prélèvement/remplacement d'azote dans les sols des Prairies, ce qui s'écarte de la pratique classique de sous-fertilisation. Les légères augmentations des émissions de méthane (0,8 Mt d'équivalents $CO_2$) qui ont été observées découlent de l'accroissement des populations d'animaux d'élevage au cours de la période visée de 20 ans. Les changements en matière de gestion et d'utilisation des terres qui ont mené à une grande réduction des terres en jachère et à une augmentation de la superficie où le sol a été soumis à un travail réduit ou nul ont permis aux sols de la Saskatchewan de devenir un puits de $CO_2$ en 1996 et en 2001. Par ailleurs, en 2001, les émissions nettes de $CO_2$ ont diminué de 7,3 Mt d'équivalents $CO_2$ par rapport à 1981, avec 4,6 Mt d'équivalents $CO_2$, séquestrés dans le sol en tant que carbone organique en 2001.

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, les résultats de l'indicateur de disponibilité d'habitats fauniques sur les terres agricoles ont indiqué une amélioration globale de la situation :

- 35 p. 100 des terres agricoles ont présenté une augmentation modérée ou importante de la disponibilité de l'habitat faunique, tandis que 9 p. 100 ont affiché une réduction modérée ou importante.

L'augmentation de la disponibilité de l'habitat faunique en Saskatchewan peut s'expliquer par l'importante diminution des terres en jachère, celles-ci passant de 26 p. 100 à 12 p. 100 de toutes les terres agricoles, et par la faible augmentation de la superficie de « toutes les autres terres ». Les facteurs négatifs qui ont nui à la disponibilité de l'habitat faunique en Saskatchewan comprennent l'augmentation de la superficie de terres cultivées (passée de 45 p. 100 à 59 p. 100 de toutes les terres agricoles) et la réduction des pâturages naturels (passés de 23 p. 100 à 20 p. 100 de toutes les terres agricoles).

## ■ MANITOBA

**Sol :** De 1981 à 2001, conformément à la tendance nationale, tous les indicateurs de la qualité du sol ont présenté une amélioration considérable (c'est-à-dire, dans le sens recherché) :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol modéré et élevé est passée de 38 p. 100 à 85 p. 100, tandis que la proportion de ces terres dans les catégories de degré faible et très faible est passée de 62 p. 100 à 15 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 83 p. 100 à 95 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion éolienne est passée de 75 p. 100 à 82 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 76 p. 100 à 91 p. 100;
- la proportion de terres cultivées présentant une augmentation de la teneur du sol en carbone organique est passée de 20 p. 100 à 52 p. 100;
- la proportion de terres agricoles et de terres adjacentes dans la catégorie de risque très faible de salinisation est passée de 59 p. 100 à 65 p. 100.

Les changements en matière de gestion et d'utilisation des terres ont été les principaux éléments moteurs de ces améliorations. La réduction de 57 p. 100 des terres en jachère et l'augmentation de la proportion de terres cultivées soumises à un travail réduit du sol ou sans travail du sol (proportion passée de 34 p. 100 des terres cultivées, en 1991, à 46 p. 100, en 2001) constituent les principaux changements en matière de gestion des terres. Les changements en matière d'utilisation des terres qui ont favorisé cette tendance positive à la conservation du sol comprennent une augmentation de 41 p. 100 de la superficie consacrée à la culture fourragère. L'effet combiné de ces tendances positives en matière de gestion et d'utilisation des terres l'a emporté sur l'effet négatif de l'augmentation de 7 p. 100 des terres cultivées, de la réduction de la superficie consacrée à la culture de céréales laissant beaucoup de résidus (-16 p. 100) et de l'augmentation de la superficie consacrée à des cultures laissant peu de résidus, comme les légumineuses à grain, les oléagineux et les pommes de terre.

**Eau :** Dans les provinces des Prairies, c'est au Manitoba que les accumulations d'azote résiduel dans le sol sont les plus fortes et que la proportion de terres dans les catégories de risque élevé de contamination de l'eau par l'azote est la plus élevée. De 1981 à 2001, les deux indicateurs ont présenté une détérioration globale :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation forte et très forte d'azote résiduel dans le sol est passée de 85 p. 100 à 89 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote est passée de 12 p. 100 à 4 p. 100.

L'augmentation globale de l'accumulation d'azote résiduel dans le sol et du risque de contamination de l'eau par l'azote a été entraînée par des apports d'azote plus grands provenant des engrais, par l'augmentation de l'azote disponible venant des apports de fumier et par l'augmentation de la superficie consacrée à la culture des légumineuses (accroissement de la fixation de l'azote atmosphérique). L'augmentation de l'azote disponible a été contrebalancée quelque peu par une augmentation des rendements de 1981 à 1996; cependant, comme c'est le cas en Saskatchewan, l'importance des retraits d'azote par les récoltes a diminué légèrement en 2001, contribuant à une plus forte accumulation d'azote résiduel dans le sol et à un risque accru de contamination de l'eau lors de cette année de recensement de l'agriculture.

**Air :** De 1981 à 2001, contrairement à la tendance nationale, les émissions nettes de GES au Manitoba ont augmenté :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont augmenté de 1,1 Mt d'équivalents $CO_2$, passant de 6,3 à 7,4 Mt d'équivalents $CO_2$, ce qui représente approximativement 13 p. 100 des émissions nationales d'origine agricole.

Les émissions d'oxyde nitreux ont augmenté de 2,0 Mt d'équivalents $CO_2$, en grande partie à cause de l'augmentation du recours aux engrais et de l'azote disponible venant des apports de fumier. La légère augmentation de 0,7 Mt d'équivalents $CO_2$ des émissions de méthane a découlé d'un accroissement des populations d'animaux d'élevage au cours de la période de 20 ans visée. Les changements en matière de gestion et d'utilisation des terres qui ont entraîné la réduction des terres en jachère et l'augmentation de la superficie où le sol est soumis à un travail réduit ou à un travail nul ont permis aux sols du Manitoba de devenir un puits de $CO_2$ en 2001. Cette même année, les émissions nettes de $CO_2$ ont été de 1,7 Mt d'équivalents $CO_2$ moins élevées; avec 0,3 Mt d'équivalents $CO_2$ séquestrés dans le sol en tant que carbone organique.

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, la plupart des terres agricoles au Manitoba ont présenté des changements allant de négligeables à faibles en ce qui concerne l'indicateur de disponibilité d'habitats fauniques sur les terres agricoles, donnant lieu à une légère diminution globale de la disponibilité de l'habitat faunique :

- 7 p. 100 des terres agricoles ont présenté une augmentation modérée ou élevée de la disponibilité de l'habitat faunique, tandis que 17 p. 100 de ces terres ont affiché une diminution modérée ou forte.

La grande majorité (75 p. 100) des terres agricoles du Manitoba ont présenté des changements négligeables ou faibles de la disponibilité de l'habitat faunique, grâce à l'effet positif de certaines des tendances en matière de gestion des terres dont on a traité précédemment (diminution de la superficie des terres en jachère appauvries en termes

d'espèces, qui est passée de 8 p. 100 à 3 p. 100) et à l'augmentation de la superficie de « toutes les autres terres » (qui est passée de 5 p. 100 à 9 p. 100 de toutes les terres agricoles), mais ces améliorations n'ont pas compensé entièrement l'effet négatif de l'augmentation de la superficie des terres cultivées, qui est passée de 58 p. 100 à 62 p. 100.

## ■ ONTARIO

**Sol :** De 1981 à 2001, les indicateurs de la qualité du sol en Ontario ont présenté des résultats conformes à la tendance nationale, avec une amélioration globale de la situation :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol modéré et très élevé est passée de 43 p. 100 à 57 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 44 p. 100 à 56 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 16 p. 100 à 28 p. 100;
- la proportion de terres cultivées présentant une augmentation de la teneur du sol en carbone organique est passée de 17 p. 100 à 30 p. 100.

Ces changements positifs sont conformes à la tendance nationale et sont surtout survenus à la suite de changements comparables en matière de gestion et d'utilisation des terres. Le changement le plus important en matière de gestion des terres au cours de la période de 20 ans visée a été l'accroissement de la proportion de terres cultivées soumises à un travail réduit du sol ou sans travail du sol : en 2001, 48 p. 100 des terres cultivées étaient soumises à ces pratiques. Cependant, il est à noter que le risque de dégradation de la qualité du sol d'une proportion importante de terres cultivées en Ontario est encore élevé à cause de la proportion de plus en plus élevée des cultures où le sol est soumis à un travail plus intensif dans cette province. Par exemple, on a délaissé la culture des fourrages (24 p. 100), du maïs grain (8 p. 100) et des céréales de printemps (22 p. 100) en faveur de la culture du soja (+227 p. 100). Bien que la superficie consacrée à la culture en rangs ait augmenté, la pratique d'un travail de conservation du sol a eu tendance à atténuer le risque global de dégradation de la qualité du sol.

**Eau :** De 1981 à 1996, conformément à la tendance nationale, l'Ontario s'est éloigné de façon générale de l'objectif visé à l'égard de l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote et de l'indicateur d'azote résiduel dans le sol, avec une détérioration considérable de 1996 à 2001 :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation forte et très forte d'azote résiduel dans le sol est passée de 20 p. 100 à 81 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote est passée de 60 p. 100 à 9 p. 100.

Cette augmentation globale de l'azote résiduel et du risque de contamination de l'eau par l'azote a été entraînée par une augmentation des apports d'azote, lesquels ont été liés surtout à une fixation biologique de l'azote accrue due à l'augmentation de la superficie consacrée à la culture du soja (20 p. 100 chaque année) et de la luzerne, de même qu'à l'accroissement du nombre d'animaux d'élevage (azote du fumier provenant des élevages de volaille et de porcs). L'augmentation de l'azote disponible a été quelque peu contrebalancée par de plus grands retraits d'azote (récoltes) de 1981 à 1996; cependant, les rendements ont diminué en 2001, ce qui a contribué à l'accumulation d'azote résiduel dans le sol et à l'augmentation du risque de contamination de l'eau en cette année de recensement de l'agriculture.

L'augmentation des précipitations en excès au cours de l'hiver en Ontario a également contribué à la hausse du risque estimé de perte d'azote résiduel par lessivage du sol. En 2001, cette situation a été surtout signalée dans les régions du Sud-Ouest de l'Ontario, telles que la région des basses terres du lac Érié, où la quantité d'azote disponible venant des apports de fumier était élevée.

**Air :** De 1981 à 2001, l'Ontario a été la deuxième province ayant le plus contribué à la diminution nationale des émissions nettes de GES :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont diminué de 2,1 Mt d'équivalents $CO_2$, passant de 11,5 à 9,4 Mt d'équivalents $CO_2$, ce qui représente approximativement 17 p. 100 des émissions nationales d'origine agricole.

Bien que l'Ontario produise encore près d'un cinquième des émissions nettes de GES d'origine agricole à l'échelle nationale, la tendance observée est la réduction des émissions totales au cours de la période de 20 ans visée. Cette baisse témoigne de la diminution de 17 p. 100 des ventes d'engrais azotés en Ontario et de la réduction des émissions attribuables aux animaux et au stockage du fumier, réduction associée à la diminution de la population totale de bovins laitiers et de bovins de boucherie. Ces changements ont entraîné une baisse de 0,9 Mt d'équivalents $CO_2$ des émissions de méthane et d'oxyde nitreux de 1981 à 2001, tandis que l'adoption de pratiques de travail de conservation du sol a contribué en grande partie à la baisse des émissions de $CO_2$ (chiffrée à 0,3 Mt d'équivalents $CO_2$).

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, contribuant à la tendance négative nationale, l'Ontario a affiché une diminution globale de la disponibilité de l'habitat faunique :

- 94 p. 100 des terres agricoles ont présenté une diminution modérée ou forte de la disponibilité de l'habitat faunique.

Les changements en matière d'utilisation des terres sont en grande partie la cause de la diminution de la disponibilité de l'habitat faunique en Ontario. Parmi ces changements, on compte l'augmentation du pourcentage d'utilisation des terres agricoles pour les productions végétales (passé de 60 p. 100 à 67 p. 100) et la diminution de la superficie consacrée aux pâturages naturels (passée de 13 p. 100 à 9 p. 100 des terres agricoles) et aux pâturages artificiels (passée de 11 p. 100 à 6 p. 100 des terres agricoles).

## ■ QUÉBEC

**Sol :** De 1981 à 2001, contrairement à la tendance nationale, les indicateurs de la qualité du sol au Québec n'ont pas présenté d'améliorations importantes. Le degré de couverture du sol et la teneur du sol en carbone organique affichaient des tendances légèrement négatives. En ce qui concerne les indicateurs d'érosion, la plupart des terres se rangent dans les catégories de risque plus faible, mais n'ont présenté que des améliorations modestes :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol élevé et très élevé est passée de 66 p. 100 à 58 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 70 p. 100 à 71 p. 100;
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol est passée de 81 p. 100 à 84 p. 100;
- la proportion de terres cultivées présentant une augmentation de la teneur du sol en carbone organique est passée de 18 p. 100 à 17 p. 100.

Le Québec a connu des changements importants en matière d'utilisation des terres et de techniques agronomiques au cours de la période de 20 ans visée. Les changements qui ont favorisé la tendance vers une augmentation du risque de dégradation du sol comprennent une diminution de 27 p. 100 de la superficie consacrée à la culture fourragère,

une diminution de 5,3 p. 100 de la superficie consacrée aux pâturages et une diminution de 10 p. 100 de la superficie consacrée à la culture des céréales, avec des augmentations concomitantes de 3 p. 100 des terres cultivées totales et de 8,3 p. 100 des terres où l'on pratique la culture en rangs, du maïs et du soja principalement. Si ce n'était des pratiques de travail de conservation du sol qui se sont modérément répandues sur 24 p. 100 des terres cultivées en 2001 et du fait que la plupart de ces activités agricoles ont eu lieu dans des paysages et sur des sols qui, en conditions normales, ne sont pas sujets à l'érosion, le risque de dégradation de la qualité du sol aurait pu augmenter de façon importante pendant cette période.

**Eau :** De 1981 à 1996, conformément à la tendance nationale, le Québec a présenté une tendance globale à s'écarter de l'objectif visé en ce qui concerne l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote et l'indicateur d'azote résiduel dans le sol. Par contre, l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore a affiché certaines améliorations au cours de la période de 20 ans visée; cependant, la plupart des terres se rangeaient encore dans les catégories de risque modéré et élevé :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation faible et très faible d'azote résiduel dans le sol est passée de 68 p. 100 à 33 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote est passée de 80 p. 100 à 63 p. 100;
- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par le phosphore est passée de 18 p. 100 à 29 p. 100.

L'augmentation globale de l'accumulation d'azote résiduel dans le sol et du risque de contamination de l'eau par l'azote a été entraînée par de plus grands apports d'azote, associés principalement à une tendance constante à la hausse des ventes d'engrais et à l'augmentation de la production de fumier découlant d'un accroissement du nombre d'animaux dans les élevages de volaille et de porcs. L'augmentation de la superficie consacrée à la culture des légumineuses a favorisé la fixation biologique de l'azote, ce qui a également ajouté aux apports d'azote. De 1981 à 1996, l'augmentation de l'azote disponible a été contrebalancée quelque peu par l'augmentation des retraits d'azote (rendements); en 2001, cependant, les rendements ont diminué, ce qui a contribué à accroître l'accumulation d'azote résiduel et le risque de contamination de l'eau en cette année de recensement de l'agriculture. L'augmentation des précipitations en excès au cours de l'hiver au Québec a contribué aux pertes d'azote résiduel par lessivage du sol. En 2001, cette situation a été surtout signalée dans le Sud des Laurentides, les Appalaches et les basses terres du Saint-Laurent, où les valeurs élevées étaient principalement attribuables aux populations d'animaux d'élevage et aux quantités d'azote disponible résultant des apports de fumier. La légère amélioration sur le plan du risque de contamination de l'eau par le phosphore peut s'expliquer par l'importante augmentation de la superficie consacrée à la culture du maïs grain, plante exigeante en phosphore, de même que par le remplacement des engrais phosphatés par du fumier. Les changements survenus dans le secteur de l'élevage au Québec ont entraîné une augmentation de 9 p. 100 de la quantité totale de phosphore disponible provenant du fumier au cours des dix dernières années de la période visée.

**Air :** De 1981 à 2001, les émissions nettes de GES au Québec ont suivi la tendance nationale, avec une petite diminution :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont diminué de 0,6 Mt d'équivalents $CO_2$, passant de 7,1 à 6,5 Mt d'équivalents $CO_2$, ce qui représente approximativement 12 p. 100 des émissions nationales d'origine agricole.

Au cours de la période de 20 ans visée, les émissions d'oxyde nitreux ont diminué de 0,1 Mt d'équivalents $CO_2$ en raison de la réduction des émissions provenant des animaux et du fumier stocké, associée à la diminution de la population totale de bovins laitiers et de bovins de boucherie. Les émissions de méthane ont diminué de 0,5 Mt d'équivalents $CO_2$ à cause d'une diminution importante de la population totale de bovins laitiers. Tel que mentionné au chapitre 21, comme les émissions de méthane sont, pour les bovins laitiers, un facteur qui est presque deux fois plus important que pour les bovins de boucherie, la baisse de la population de bovins laitiers a donné lieu à une réduction nette des émissions de méthane. Le recours faible à modéré au travail de conservation du sol n'a pas contrebalancé ni la diminution de la superficie consacrée aux pâturages et à la culture fourragère ni

l'augmentation de la superficie en culture, d'où une légère augmentation (0,1 Mt d'équivalents $CO_2$) des émissions de $CO_2$.

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, le Québec a affiché une diminution globale de la disponibilité de l'habitat faunique, comme l'Ontario, et a aussi contribué à la tendance nationale à la baisse :

- 99 p. 100 des terres agricoles ont présenté une diminution modérée ou forte de la disponibilité de l'habitat faunique.

Comme en Ontario, la diminution de la disponibilité de l'habitat faunique au Québec est grandement attribuable à des changements en matière d'utilisation des terres. Ces changements comprennent une augmentation du pourcentage des terres agricoles consacrées à la culture (passé de 46 p. 100 à 54 p. 100) et une diminution des pâturages naturels (passés de 9 p. 100 à 5 p. 100 des terres agricoles) et des pâturages artificiels (passés de 13 p. 100 à 9 p. 100 des terres agricoles).

## ■ PROVINCES DE L'ATLANTIQUE

**Sol :** De 1981 à 2001, dans les provinces de l'Atlantique, les indicateurs de la qualité du sol ont donné des résultats mitigés, bien qu'ils dénotent une amélioration globale :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories de degré de couverture du sol modéré à très élevé est passée de 81 p. 100 (Île-du-Prince-Édouard), en 1981, à 100 p. 100 dans les quatre provinces, en 2001;
- la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique a légèrement augmenté au Nouveau-Brunswick (passant de 54 p. 100 à 55 p. 100) et en Nouvelle-Écosse (passant de 61 p. 100 à 65 p. 100), mais a diminué de 1 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard (passant à 51 p. 100). (L'érosion hydrique n'a pas été évaluée à Terre-Neuve-et-Labrador);
- la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque faible et très faible d'érosion attribuable au travail du sol a augmenté au Nouveau-Brunswick (passant de 62 p. 100 à 78 p. 100), en Nouvelle-Écosse (passant de 34 p. 100 à 71 p. 100) et à Terre-Neuve-et-Labrador (passant de 30 p. 100 à 62 p. 100), mais a diminué à l'Île-du-Prince-Édouard (passant de 41 p. 100 à 19 p. 100);
- la proportion de terres cultivées présentant une augmentation de la teneur du sol en carbone organique est passée de 43 p. 100 à 53 p. 100 dans les quatre provinces combinées.

Les changements en matière de gestion et d'utilisation des terres ont entraîné une amélioration générale du degré de couverture du sol, mais cette amélioration ne s'est pas traduite dans le risque d'érosion hydrique. Dans les quatre provinces, la superficie de terres cultivées a augmenté et celle des pâturages a diminué. La superficie consacrée à la culture en rangs a augmenté de 15 p. 100 en Nouvelle-Écosse et de 47 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard. À l'Île-du-Prince-Édouard, cette situation est en grande partie imputable à l'augmentation de la superficie consacrée à la culture de la pomme de terre, culture qui est particulièrement sujette à l'érosion hydrique et à l'érosion attribuable au travail du sol, même s'il s'agit d'un travail de conservation. L'augmentation du recours au travail de conservation du sol dans les quatre provinces et l'augmentation de la superficie consacrée à la production du foin et à la culture fourragère ont néanmoins joué un rôle utile dans la réduction de l'érosion et le maintien de la teneur du sol en carbone organique.

**Eau :** De 1981 à 1996, conformément à la tendance nationale, les provinces de l'Atlantique se sont généralement écartées de l'objectif visé en ce qui concerne l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote et l'indicateur d'azote résiduel dans le sol, et ont présenté une détérioration considérable de 1996 à 2001 :

- la proportion de terres cultivées dans les catégories d'accumulation faible et très faible d'azote résiduel dans le sol est passée de 42 p. 100 à 16 p. 100 au Nouveau-Brunswick,

de 74 p. 100 à 7 p. 100 en Nouvelle-Écosse, de 35 p. 100 à 0 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard et de 45 p. 100 à 18 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador;

- la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par l'azote est passée de 55 p. 100 à 25 p. 100 au Nouveau-Brunswick, de 80 p. 100 à 10 p. 100 en Nouvelle-Écosse, de 59 p. 100 à 0 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard et de 49 p. 100 à 30 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador.

L'augmentation globale de l'azote résiduel et du risque de contamination de l'eau par l'azote a été entraînée par de plus grands apports d'azote résultant surtout de l'accroissement du nombre d'animaux d'élevage (azote du fumier provenant des élevages de volaille et de porcs) et par la fixation biologique de l'azote plus importante due à l'augmentation de la superficie consacrée à la culture de la luzerne. L'augmentation des précipitations en excès au cours de l'hiver au Canada atlantique, combinée à une capacité de rétention d'eau des sols généralement faible, a contribué aux pertes d'azote résiduel par lessivage du sol.

**Air :** De 1981 à 2001, les résultats dans les provinces de l'Atlantique ont été conformes à la tendance nationale, avec une faible réduction des émissions nettes de GES :

- les émissions nettes de GES (les émissions moins les puits) ont diminué de 0,4 Mt d'équivalents $CO_2$ (passées de 1,6 Mt à 1,2 Mt d'équivalents $CO_2$) dans les quatre provinces combinées.

Les émissions nettes de méthane et de $CO_2$ ont diminué au cours de la période de 20 ans visée, tandis que les émissions d'oxyde nitreux n'ont pratiquement pas varié. Les émissions de méthane ont diminué de 0,1 Mt d'équivalents $CO_2$ à cause d'une importante diminution des populations de bovins laitiers et de bovins de boucherie. Tel que mentionné au chapitre 21, comme les émissions de méthane sont, pour les bovins laitiers, presque deux fois plus importantes que pour les bovins de boucherie, la baisse de la population de bovins laitiers a donné lieu à une réduction nette des émissions de méthane. Le recours faible à modéré au travail de conservation du sol, combiné à l'augmentation de la superficie totale consacrée à la production du foin et à la culture fourragère (superficie passant de 0,19 Mha, en 1991, à 0,22 Mha, en 2001), a été suffisant pour maintenir les émissions de $CO_2$ au niveau de 1981 malgré l'augmentation (58 000 ha) de la superficie totale de terres cultivées.

**Biodiversité :** De 1981 à 2001, les provinces de l'Atlantique ont affiché une diminution globale de la disponibilité de l'habitat faunique, ce qui a contribué à la tendance nationale à la baisse :

- la proportion de terres agricoles présentant une diminution modérée à forte de la disponibilité de l'habitat faunique a été de 87 p. 100 au Nouveau-Brunswick, de 87 p. 100 en Nouvelle-Écosse, de 100 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard et de 66 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador.

La diminution de la disponibilité de l'habitat faunique dans les provinces de l'Atlantique est en grande partie attribuable à des changements en matière d'utilisation des terres. Ces changements comprennent une augmentation du pourcentage de terres agricoles utilisées pour la culture (la proportion étant passée de 30 p. 100 à 39 p. 100 au Nouveau-Brunswick, de 24 p. 100 à 32 p. 100 en Nouvelle-Écosse, de 56 p. 100 à 67 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard, et de 14 p. 100 à 21 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador) et une diminution de la superficie totale consacrée aux pâturages de 48 p. 100 au Nouveau-Brunswick, de 40 p. 100 en Nouvelle-Écosse, de 50 p. 100 à l'Île-du-Prince-Édouard, et de 55 p. 100 à Terre-Neuve-et-Labrador.

# Conclusion

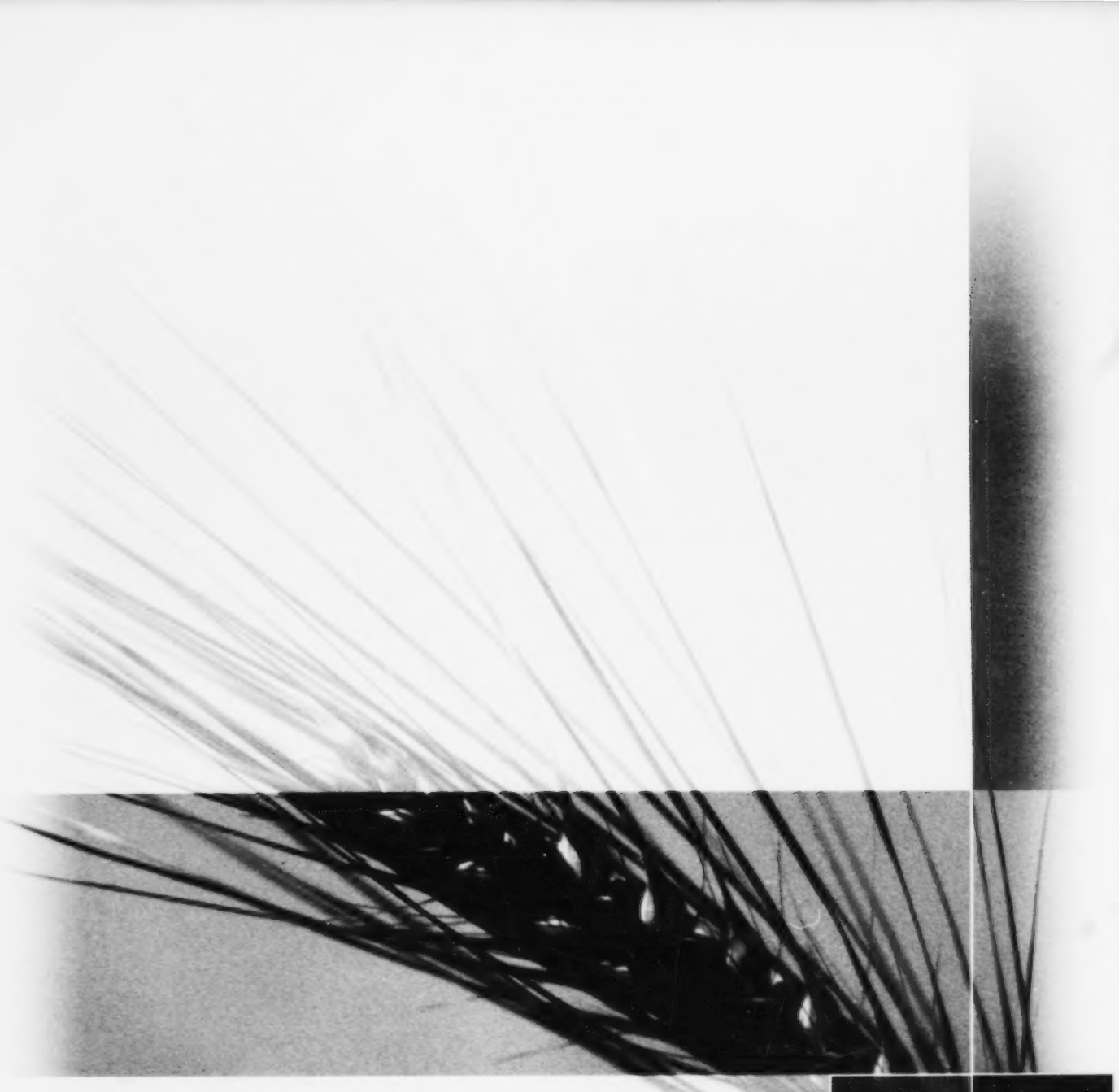
La présente analyse nationale et régionale des indicateurs environnementaux révèle certaines tendances nationales constantes, de même que des différences considérables entre diverses conditions agroenvironnementales d'un endroit à l'autre du Canada. Dans toutes les grandes régions agricoles du Canada, on a constaté des tendances positives et des tendances négatives à l'examen des indicateurs. Dans l'ensemble, au cours de la période de 20 ans visée, on a constaté que les changements en matière de pratiques culturales ont entraîné :

- l'amélioration générale de la gestion des sols, avec de nombreux avantages pour l'environnement, dont une réduction globale de l'érosion du sol et des émissions nettes de gaz à effet de serre;
- l'augmentation des risques pour l'environnement liés à l'augmentation de l'azote résiduel et du risque de contamination de l'eau par l'azote;
- une stabilisation ou une légère diminution de la disponibilité de l'habitat faunique sur les terres agricoles dans toutes les provinces, sauf la Saskatchewan.

La *région semi-aride* des Prairies se caractérise par une production végétale extensive (culture de céréales et d'oléagineux, et pâturages) et par l'élevage extensif et intensif. L'ensemble des indicateurs semble indiquer que des progrès considérables ont été réalisés sur le plan de la durabilité de l'environnement dans cette région. La diminution du recours au travail du sol et à la jachère et l'utilisation des terres peu productives ont entraîné des gains en matière de conservation du sol et de qualité du sol et de l'air, les sols devenant des puits nets pour le $CO_2$ (un gaz à effet de serre). Dans un grand nombre de régions, ces types de changements en matière d'utilisation des terres ont également profité à la faune. Cependant, la croissance et l'intensification de la culture et de l'élevage ont aussi fait augmenter les émissions d'oxyde nitreux et de méthane (gaz à effet de serre), ont réduit la disponibilité de l'habitat faunique dans d'autres régions, ont fait en sorte que certains sols sont demeurés à risque en ce qui a trait à la dégradation et ont augmenté le risque que la qualité de l'eau baisse à l'échelle locale à cause de l'augmentation du recours aux engrais et de l'intensification de l'élevage. Une nouvelle intensification de la culture et de l'élevage accroîtrait vraisemblablement les risques pour l'environnement, sauf si des mesures étaient prises pour les réduire. Les conditions climatiques, géographiques et agricoles sont nettement différentes dans les autres régions agricoles (hors des Prairies) du Canada. Ces régions, où les conditions climatiques, plus favorables, permettent des formes d'agriculture plus intensives, se caractérisent par la culture de végétaux de plus grande valeur (comme le maïs, la pomme de terre, les légumes et le soja) et par des quantités d'intrants plus importantes. Les élevages de bovins laitiers, de porcs, de volaille et de bovins de boucherie y sont également répandus. Les changements en matière d'utilisation des terres dans le Centre et l'Est du Canada comprennent la réduction de la superficie totale de terres agricoles, alors que la superficie de terres qui sont cultivées a augmenté dans toutes les provinces. Cette forme plus intensive d'agriculture dans un milieu où les réserves d'eau sont abondantes peut entraîner une augmentation des effets environnementaux possibles associés au secteur agricole.

Les moyens d'intervention compatibles avec des approches environnementales en matière d'agriculture sont présentés dans les chapitres portant sur les indicateurs. Toutes les pratiques visant à réduire la perturbation du sol ont des répercussions positives sur la qualité du sol, de même que sur la qualité de l'air, étant donné la capacité de ces pratiques à réduire les émissions de GES et de particules. Les répercussions positives sur la qualité de l'eau sont la diminution du ruissellement et un meilleur effet anti-érosion, qui peuvent tous deux réduire la quantité d'éléments nutritifs, d'agents pathogènes et de pesticides entrant dans le système hydrographique. Les avantages pour la biodiversité découlent de l'amélioration des habitats et des conditions favorisant la conservation de la biodiversité du sol, en concomitance avec l'établissement de conditions convenant moins bien aux espèces envahissantes. Les pratiques bénéfiques comprennent l'augmentation du recours aux méthodes de travail de conservation du sol (travail réduit ou nul du sol), la diminution du recours à la jachère, la gestion des résidus de culture visant à maintenir le degré de couverture du sol, l'intégration de la culture fourragère aux systèmes de rotation, la culture en bande, la culture-abri ou la culture couvre-sol d'hiver et les mesures visant à favoriser les formes d'utilisation des terres et les techniques agronomiques adaptées aux propriétés biophysiques et aux ressources des sols et des

paysages. Un second moyen d'améliorer la gestion de l'environnement en agriculture consiste à appliquer des pratiques de gestion bénéfique propres à améliorer les rendements dans tous les secteurs de l'agriculture, y compris dans l'industrie de la transformation alimentaire. Parmi les principales pratiques visant à augmenter l'efficacité de l'utilisation des intrants au niveau de l'exploitation agricole, signalons l'élaboration et la mise en œuvre d'un *plan agroenvironnemental* concernant les matières nutritives, l'analyse régulière des sols avec dosage des apports nutritifs en fonction des exigences des cultures, le recours aux cultures couvre-sol d'hiver là où il est utile d'accroitre l'assimilation des éléments nutritifs restant dans le sol après que la principale production végétale a été récoltée, et le choix de cultures exigeantes en éléments nutritifs dans les régions où les réserves nutritives sont excédentaires. L'amélioration de la gestion des matières nutritives dans l'alimentation des animaux d'élevage est une stratégie efficace pour réduire au minimum les émissions d'éléments nutritifs dans l'air, le sol et l'eau. L'augmentation du recours à des pratiques de lutte intégrée et aux nouvelles technologies de pulvérisation est une façon efficace de réduire l'utilisation des pesticides. L'utilisation mieux avisée de l'eau contribue à maintenir ou à améliorer les rendements et également à conserver la ressource hydrique pour d'autres fins. Quant à l'énergie, une utilisation plus rationnelle se traduira par des économies pour les producteurs et profitera à l'environnement en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. En résumé, l'amélioration constante des pratiques en matière de gestion agricole et d'utilisation des terres est essentielle au maintien des acquis et à la réalisation d'autres progrès en matière de gérance de l'environnement dans le secteur de l'agriculture.



# Annexes

I

# Glossaire

| Terme | Définition |
|---|---|
| Agent de réfrigération | Fluide dans un système de réfrigération qui refroidit en passant de l'état liquide à l'état gazeux et retourne à l'état liquide sous certaines pressions. |
| Agriculture durable | Système de production agricole intégré qui, à long terme, satisfait les besoins en aliments et en fibres, améliore la qualité de l'environnement, utilise les ressources le plus efficacement possible, soutient la viabilité économique des exploitations agricoles et améliore la qualité de vie. |
| Agroécosystème | Espèces et écosystèmes soumis à une gestion agricole; système ouvert et dynamique relié à d'autres écosystèmes par le flux d'énergie et le transfert de matières comme les cultures, les végétaux de pâturage, le bétail, d'autres espèces de la flore et de la faune, l'air, le sol et l'eau. |
| Aménagement de terrasses | Technique de conservation du sol et de l'eau consistant à aménager des espaces surélevés et nivelés ayant au moins un des côtés qui est supporté par une paroi ou un talus. |
| Ammoniac | Composé d'azote et d'hydrogène ($NH_3$) qui se forme naturellement quand des bactéries décomposent des matières contenant de l'azote, spécialement l'urée et l'acide urique dans le fumier. Les émissions d'ammoniac peuvent causer des problèmes dans les installations à bétail closes et peuvent réagir avec d'autres composés pour produire des particules en suspension dans l'air ambiant. L'ammoniac entre dans la composition de certains engrais chimiques et fournit des éléments nutritifs importants pour les plantes. Il peut également être utilisé comme réfrigérant dans les industries de transformation des aliments et des boissons. |
| Anaérobique | Caractérisé par l'absence d'oxygène. |
| Analyse du cycle de vie | Technique visant à évaluer les aspects environnementaux et les impacts potentiels associés à un produit, un processus ou un service en : dressant un inventaire des intrants énergétiques et matériels pertinents et des rejets dans l'environnement; évaluant les impacts environnementaux potentiels associés aux intrants et aux rejets identifiés; et en interprétant les résultats pour être en mesure de prendre une décision plus éclairée. |
| Anthropique | Relatif à l'impact des êtres humains sur la nature; produit ou altéré par la présence ou les activités humaines. |
| Azote | Élément chimique présent dans la plupart des substances organiques naturelles. C'est également un élément nutritif important pour les cultures et, sous des formes solubles comme des nitrates, un polluant de l'eau; forme aussi de l'oxyde nitreux. |
| Bassin hydrographique | Territoire duquel une étendue d'eau reçoit son eau. Territoire qui draine l'eau, les matières organiques, les sédiments et les éléments nutritifs dissous vers un lac ou un cours d'eau; la limite topographique est habituellement une ligne de crête qui marque la ligne de partage des eaux à partir de laquelle les cours d'eau de surface coulent dans deux directions différentes. |
| Biocombustible | Combustible gazeux, liquide ou solide dérivé d'une source biologique, comme l'éthanol, l'huile de colza ou l'huile de foie de poisson. |
| Biodisponibilité | Proportion d'un élément nutritif ou d'une substance toxique qui peut être absorbée par un organisme sous une forme biologiquement efficace. |
| Biodiversité | Diversité des formes de vie sur la Terre et processus naturels qui les relient et les soutiennent. La biodiversité est formée de trois composantes : la diversité des écosystèmes, la diversité des espèces et la diversité génétique. Aussi appelée diversité biologique. |
| Biodiversité indigène | Diversité des formes de vie indigènes dans une région, et processus naturels qui les relient et les maintiennent. |
| Biomasse | Masse totale d'une espèce ou d'un groupe d'espèces par unité de surface ou encore, masse totale de toutes les espèces d'une communauté. |
| Biopesticide | Agent antiparasitaire d'origine biologique (virus, bactéries, composés de plantes naturelles) par opposition à des produits chimiques synthétiques. |
| Bioplastiques | Plastiques biodégradables faits à partir de ressources naturelles comme l'amidon, la cellulose et les protéines. |
| Biorestauration | Processus de restauration d'un milieu naturel par l'utilisation d'organismes vivants (plantes ou bactéries). |
| Biosolides | Résidus semblable à de la terre, qui sont produits durant le processus de traitement des eaux usées. Durant le traitement des bactéries et d'autres organismes, décomposent les déchets en matière organique plus simple qui, combinée à la masse de cellules bactériennes, se dépose sous forme de biosolides. |
| Biote | Tous les organismes vivants observés à un endroit ou à un moment donnés. |
| Biotechnologie | En agriculture, désigne la science du génie génétiques et les méthodes connexes qui servent à produire de nouvelles variétés végétales ou animales ayant des caractères supérieurs. |
| Boues | Matières solides accumulées après leur séparation de divers types d'eau ou d'eaux usées, par des procédés naturels ou artificiels. |
| Brise-vent | Barrière d'arbres, de buissons ou d'autres végétaux vivaces aménagés pour réduire l'érosion éolienne. Aussi appelé coupe-vent. |

| Terme | Définition |
|---|---|
| Cadre écologique national pour le Canada | Approche visant à fournir le contexte spatial national cohérent voulu pour décrire et surveiller l'évolution des écosystèmes à divers niveaux de généralisation et en rendre compte. Un rapport publié en 1996 expose la méthodologie utilisée pour l'élaboration des cartes du cadre écologique, fournit des précisions sur les concepts sous-tendant les niveaux hiérarchiques de généralisation et des descriptions narratives de chaque écozone et écorégion, indique leurs liens aux diverses sources de données et donne des exemples d'application du cadre. |
| Cadre facteurs-résultats-réactions | Cadre conceptuel servant à l'évaluation de la pérennité de l'environnement qui identifie les facteurs influant sur les activités agricoles, les résultats de ces activités et les réactions de la société, en vue d'obtenir des résultats souhaitables. |
| Carbone (C) | Élément présent dans toutes les matières d'origine biologique. |
| Champignons mycorhyziens | Champignons du sol qui forment une association (habituellement symbiotique) avec les racines des plantes hôtes, et qui permet un flux d'énergie, d'eau et d'éléments nutritifs entre les deux organismes. Ce type d'association est très bénéfique pour la plupart des cultures agricoles. |
| Combustible fossile | Vestiges carboniques de matières organiques qui ont été transformées géologiquement en charbon, en pétrole ou en gaz naturel. La combustion de ces substances dégage de grandes quantités d'énergie. Les combustibles fossiles comblent une grande partie des besoins en énergie de l'humanité. |
| Compostage | Décomposition biologique contrôlée d'un mélange de résidus organiques contenant souvent de la terre, qui est gardé en tas et humidifié périodiquement. |
| Couverture végétale permanente | Culture vivace qui fourni une protection végétale pour le sol pendant toute l'année. Dans certains cas, peut être obtenue par la culture successive de plantes annuelles ou bisannuelles. |
| Couvre-sol d'hiver | Cultures semées à l'automne afin de fournir un couvert végétal et ainsi réduire l'érosion durant l'hiver et au printemps. |
| Culture continue | Pratique consistant à cultiver chaque saison, sans laisser d'année de jachère, ou à cultiver la même espèce végétale sur la même terre d'une année à l'autre. |
| Culture couvre-sol | Culture secondaire effectuée après une première récolte ou entre les rangées de la culture principale pour donner au sol une couverture de protection en vue de restreindre l'érosion et la lixiviation des éléments nutritifs. |
| Culture en bandes alternantes | Méthode de contrôle de l'érosion qui consiste à planter en alternance des bandes des cultures nécessitant différents types de travail du sol, par exemple une culture en rang avec un pâturage ou une culture annuelle avec une jachère, tout en suivant les courbes de niveau. |
| Culture en courbes de niveau | Culture effectuée dans le sens des courbes de niveau, plutôt que dans le sens de la pente dans le but de réduire l'érosion du sol, d'en protéger la fertilité et d'utiliser l'eau plus efficacement. |
| Culture en rangs | Système de production dans lequel les plantes sont cultivées en bandes très espacées et qui peut nécessiter un labour entre les rangs pour le contrôle des mauvaises herbes ou le rechaussage pour la protection des racines. Les cultures en rangs typiques comprennent la patate, le tabac, les légumes, les haricots, la betterave à sucre et le maïs. Implique normalement une productivité élevée par unité de surface. |
| Culture sans travail du sol | Mode de culture dans lequel les végétaux sont plantés directement dans le sol au moyen d'un semoir spécial, sans que la terre ait été soumise à un travail primaire ou secondaire après la récolte précédente. |
| Culture sèche | Type d'agriculture qui compte exclusivement sur les précipitations naturelles et l'humidité du sol pour l'arrosage des plantes (pas d'irrigation). |
| Décomposition | Dégradation de matières organiques complexes en éléments plus simples par des microorganismes. |
| Degré-jour | Différence entre la température moyenne quotidienne et une température de référence —définie pour une culture ou un insecte ravageur—accumulée au cours de son développement. Le degré-jour est une mesure indirecte utile de la chaleur disponible pour la croissance et le développement. |
| Demande biochimique d'oxygène | Mesure de la quantité d'oxygène consommée dans l'eau à cause de processus biologiques naturels qui décomposent la matière organique, comme ceux qui se produisent quand des déchets organiques sont déversés dans l'eau. Un excès des déchets organiques anthropiques dans l'eau peut épuiser l'oxygène dissous (OD), mettant ainsi en péril la vie aquatique. |
| Dénitrification | Processus chimique dans lequel les nitrates du sol sont réduits en azote moléculaire, qui est rejeté dans l'atmosphère. |
| Dépistage d'ennemis naturels | Mesure de lutte antiparasitaire intégrée qui consiste à surveiller dans les champs les niveaux d'ennemis naturels d'un parasite. |
| Déprédation | Perte de récoltes ou de bétail causée par les activités de prédation de la faune. |
| Dioxyde de carbone ($CO_2$) | Important gaz à effet de serre produit par la décomposition de la matière organique des sols dans des conditions d'oxydation, ainsi que par la combustion des combustibles fossiles. |
| Drainage | Technique visant à améliorer la productivité des terres agricoles en enlevant l'excès d'eau du sol par des moyens comme des tranchées, des puits de drainage et des tuyaux d'argile souterrains. |
| Durabilité de l'environnement | Approche de gestion qui cherche à protéger les ressources naturelles et à en assurer l'accessibilité aux générations futures. Cette approche insiste sur l'importance de conserver l'intégrité écologique pour maintenir les systèmes de soutien de la vie sur la Terre. |

| Terme | Définition |
|---|---|
| Eaux souterraines | Partie de l'eau située sous la surface du sol, dont la limite supérieure forme ce qu'on appelle la surface de la nappe phréatique. Ces eaux alimentent les puits et les sources. |
| Écodistrict | Subdivision d'une écorégion caractérisée par un assemblage distinct de topographies, de formes de terrain, de caractéristiques géologiques, de sols, de végétation, de masses d'eau et de faune. Voir écorégion. |
| Écoefficacité | Processus servant à produire des biens et des services de plus grande valeur ou en plus grande quantité en en utilisant moins d'intrants (matière première, énergie, etc.), et donc de réduire le plus possible les impacts environnementaux. |
| Écorégion | Unité cartographique du système de classification écologique du Canada. Subdivision d'une unité de classification écologique plus grande caractérisée par des facteurs régionaux distinctifs, notamment le climat, la physiographie, la végétation, le sol, l'eau et la faune. |
| Écosystème | Unité de terrain ou d'eau composée de populations d'organismes, pris en considération dans leur ensemble, avec leur environnement physique et les processus qui les relient. |
| Écoulement préférentiel | Processus par lequel l'eau, les substances solubles et les composés tels le phosphore sous forme de particules et les coliformes fécaux se déplacent au travers des macropores des sols vers les drains et la surface de la nappe phréatique. |
| Écoulement restitué | Eau de surface et souterraine qui quitte le champ après l'application d'eau d'irrigation. |
| Écozone | La plus grande unité cartographique du système de classification écologique du Canada. Une écozone est une région de la surface terrestre représentative de grandes unités générales caractérisées par des facteurs abiotiques et biotiques en interaction et en adaptation constantes. L'agriculture se pratique dans sept des 15 écozones du Canada. |
| Effluent | Tout déchet liquide ou gazeux rejeté par un système dans l'environnement ou dans un système de collecteur (par ex., collecte d'eaux usées). |
| Élément nutritif | Substance dont un organisme vivant a besoin pour sa croissance et son développement. L'azote, le phosphore et le potassium sont les principaux éléments nutritifs des cultures. |
| Élément trace | Substance chimique essentielle à la vie des plantes ou des animaux, mais en quantité minime, c'est-à-dire moins de 1 ppm dans les plantes. |
| Encéphalite spongiforme bovine | Couramment appelée « maladie de la vache folle », l'encéphalite spongiforme bovine (ESB) est une maladie évolutive et incurable qui affecte le système nerveux central du bétail. |
| Engorgement | Situation qui se produit quand le sol est entièrement saturé d'eau. |
| Engrais | Toute matière organique ou inorganique, naturelle ou synthétique, utilisée pour fournir des éléments (comme l'azote, le phosphate et le potassium) essentiels pour la croissance des plantes. |
| Ensemencement sous couvert | Semer une culture secondaire dans une culture principale pour améliorer la couverture du sol, la gestion des éléments nutritifs, la lutte antiparasitaire ou obtenir d'autres avantages liés à la production. |
| Entérobactérie | Groupe de bactéries qui vivent dans l'intestin des humains et des autres animaux. |
| Équivalents de dioxyde de carbone ($CO_{2eq}$) | Efficacité d'un gaz à produire un effet de serre dans l'atmosphère, exprimé de façon comparative par rapport au dioxyde de carbone. |
| Érodabilité | Vulnérabilité d'un sol à l'érosion. |
| Érosivité | Mesure de la capacité prévisible de l'eau, du vent, du travail du sol, ou encore d'autres agents, de causer de l'érosion. |
| Espèce exotique envahissante | Espèce (plante, animal ou micro-organisme) exotique (non indigène) dont l'introduction nuit ou nuira probablement à l'économie, à l'environnement et à la santé humaine. |
| Espèce indigène | Espèce connue pour avoir existé dans une localité avant l'influence humaine, ce qui peut inclure des espèces exotiques établies depuis très longtemps. |
| Éthanol | Liquide produit par un procédé chimique à partir d'éthylène ou par un procédé biologique de par la fermentation de divers sucres provenant de cultures agricoles et de résidus de cellulose provenant de cultures ou du bois. Selon le mode de production, l'éthanol peut être utilisé comme substitut à l'essence et ainsi réduire les émissions de gaz à effet de serre. Également connu sous le nom d'alcool éthylique. |
| Eutrophisation | Processus par lequel une masse d'eau acquiert une concentration élevée d'éléments nutritifs fertilisants, particulièrement des nitrates et des phosphates. Cet enrichissement favorise la croissance excessive des algues, qui peut entraîner une diminution de l'oxygène dissous et tuer les organismes aquatiques comme les poissons. |
| Évapotranspiration | Transfert de l'eau vers l'atmosphère par l'évaporation qui se produit à la surface de la terre et par la transpiration des plantes. |
| Extrants énergétiques | Quantité d'énergie intégrée aux produits agricoles qui sont utilisés ou consommés par les êtres humains. |
| Facteur d'émission | Estimation ou moyenne statistique du taux auquel un contaminant est rejeté dans l'atmosphère en raison d'une activité (par ex., agriculture, combustion de carburant), divisée par le niveau de cette activité. Une simple multiplication d'un facteur d'émission donné avec le niveau d'une activité nous donne une estimation de l'émission réelle. |
| Faune | Tous les organismes non domestiqués qui vivent dans la nature, particulièrement les animaux. |
| Fermentation | Une réaction biochimiques qui dissocie des substances organiques complexes, spécialement des glucides, en composés plus simples (éthanol, dioxyde de carbone, eau), et qui se produit d'habitude en l'absence d'oxygène. |

| Terme | Définition |
|---|---|
| Fourrage | Herbes ou légumineuses cultivées pour nourrir les animaux d'élevage; le fourrage peut être entreposé à l'état sec sous forme de foin, à l'état humide sous forme d'ensilage ou être incorporé dans le sol par labourage (engrais vert), ou brouté. |
| Fumigant | Toute substance antiparasitaire qui se présente sous forme de vapeur ou de gaz, ou qui en forme au moment de l'application. |
| Gaz à effet de serre | Les gaz à effet de serre absorbent et retiennent la chaleur dans l'atmosphère et ont un effet de réchauffement sur la Terre. Certains existent naturellement dans l'atmosphère, tandis que d'autres sont le résultat d'activités humaines. Parmis les gaz à effet de serre, on compte le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone, les chlorofluorocarbures, les hydrofluorocarbures et les perfluorocarbures. |
| Gestion agroenvironnementale | Gestion d'une exploitation agricole en vue d'en assurer la durabilité écologique. Voir Pratiques de gestion bénéfiques. |
| Habitat faunique | Partie d'un environnement naturel dont dépend un organisme vivant pour sa survie. |
| Homogénéisation | Procédé consistant à réduire physiquement la taille des particules de gras dans le lait, ce qui permet de le répartir également dans tout le lait. |
| Hybridation | Sélection d'individus à partir de souches, de populations ou d'espèces génétiquement différentes. |
| Indicateur agroenvironnemental | Mesure d'un paramètre, d'un risque ou d'un changement important de l'environnement attribuable à l'agriculture ou à des pratiques de gestion utilisées par les producteurs agricoles. |
| Information taxonomique | Renseignements sur la façon de classer les organismes en se basant sur les relations plus ou moins étroites qu'il y a entre eux. |
| Inorganique | Relatif à un composé qui n'est pas organique et habituellement d'origine minérale. |
| Intrants énergétiques | Quantité d'énergie non renouvelable (excluant l'énergie solaire) utilisée dans les systèmes agricoles, par exemple pour faire fonctionner les véhicules motorisés et les machines agricoles, pour fabriquer de l'équipement et des produits chimiques (p. ex., engrais et pesticides) et pour assurer le maintien des fermes. |
| Irrigation | Arrosage artificiel des cultures par diverses méthodes. |
| Jachère chimique | Contrôle des mauvaises herbes sur une terre en jachère par des traitements herbicides plutôt que par le travail du sol. |
| Jachères | Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le Recensement de l'agriculture et terme général désignant les terres cultivables qui sont laissées au repos pendant au moins un an, surtout afin de conserver l'humidité du sol, mais qui sont néanmoins gérées pour contrôler les mauvaises herbes (soumises à des pulvérisations ou travail du sol). |
| Labour en planche | Travail de la terre effectué en vue d'ameublir le sol, avec inversion partielle ou complète du sol. |
| Légumineuse à graines | Légumineuses qui produisent des graines comestibles, comme les haricots, les pois et les lentilles. |
| Lessivage | Processus par lequel des substances solubles sont dissoutes et transportées à travers le sol par l'eau de percolation. |
| Lessivage atmosphérique | Processus par lequel une substance chimique dissoute dans l'eau de l'atmosphère atteint la terre ou un plan d'eau avec les précipitations. |
| Lutte intégrée | Processus décisionnel faisant appel à toutes les techniques nécessaires pour supprimer les parasites de manière efficace, économique et respectueuse de l'environnement. Stratégie écologique qui s'appuie sur les facteurs de mortalité naturels, comme les ennemis naturels, le climat et la gestion des cultures. La lutte intégrée ou LI consiste à appliquer des mesures de répression qui nuisent le moins possible à ces facteurs. |
| Matière organique du sol | Matériau constitutif du sol contenant du carbone, qui provient des organismes vivants. |
| Méthane ($CH_4$) | Gaz produit par la décomposition anaérobique des déchets des sites d'enfouissement, par la digestion animale, par la décomposition des déjections animales, par la production et la distribution du pétrole et du gaz naturel, par la production du charbon et la combustion incomplète du mazout. Ce gaz est un des trois principaux gaz à effet de serre d'origine agricole (avec le $CO_2$ et le $N_2O$). |
| Micro-climat | Climat d'une petite zone résultant d'une modification du climat général par des différences locales d'altitude ou d'exposition aux éléments. |
| Milieu humide | Territoire inondé par des eaux de surface ou des eaux souterraines. Selon le Système de classification des terres humides du Canada, les milieux humides se divisent en cinq catégories : tourbière haute, tourbière immergée, marais, marécages et eaux peu profondes. |
| Monoculture | Système de culture agricole qui repose, d'année en année, sur une seule variété de plante. |
| Nutraceutique | Produit alimentaire classique qui a été modifié (potentiellement par génie génétique) en vue d'améliorer ses caractéristiques nutritionnelles et/ou ses propriétés pharmaceutiques. |
| Oxyde nitreux | Puissant gaz à effet de serre dont les émissions naturelles sont augmentées par certaines activités humaines comme l'utilisation d'engrais azotés, la décomposition de résidus de culture, la culture de sols organiques, ainsi que l'entreposage et l'épandage de fumier sur les terres agricoles. Ce gaz est un des trois principaux gaz à effet de serre d'origine agricole (avec le $CO_2$ et le $CH_4$). |
| Oxygène dissous | Oxygène disponible sous forme libre dans l'eau, vital pour les poissons et les autres espèces aquatiques et nécessaire pour la prévention des odeurs dans l'eau. |

| Terme | Définition |
|---|---|
| Ozone | Gaz présent de façon naturelle, formé d'oxygène. Dans la haute atmosphère, l'ozone protège la Terre en filtrant le rayonnement ultraviolet du soleil. |
| Parasite | Organisme (plante ou animal) qui est directement ou indirectement nuisible à la production agricole. |
| Particules | Polluants atmosphériques composés de minuscules particules liquides ou solides temporairement suspendues dans l'atmosphère (poussière, pollen, spores, fumée, composés organiques) |
| Particules en suspension | Petites particules de polluants solides en suspension dans les eaux usées qui contribuent à la turbidité. |
| Pasteurisation | Processus visant à réchauffer les aliments afin de détruire les pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, moisissures) qui peuvent être nocifs pour les humains. |
| Pathogène | Agent qui cause des maladies. |
| Pâturage cultivé | Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui indique un pâturage qui a été amélioré par des moyens comme le travail de la terre, le drainage, l'irrigation, la fertilisation, l'ensemencement ou des pulvérisations. On dit aussi pâturage bonifié. |
| *Pédo-paysages du Canada* | Série nationale de cartes pédologiques à grande échelle (1:1 million) contenant de l'information à propos des propriétés et du relief des sols. |
| Pesticide | Substance, habituellement un produit chimique, servant à l'élimination ou à la répression des parasites. Les pesticides comprennent les herbicides, les insecticides, les fongicides, les nématicides, les rodenticides et les miticides. |
| pH | Exprime l'intensité de la condition acide ou basique d'un liquide ou d'un sol, généralement exprimée sur une échelle de 0 à 14, où les valeurs inférieures à 7 dénotent une condition acide, 7 est neutre et les valeurs au-dessus de 7 dénotent une condition alcaline. |
| Phosphore | Élément chimique essentiel pour tous les organismes vivants et un élément nutritif important pour les cultures. Au dessus d'une certaine concentration dans les eaux de surface, le phosphore peut être responsable du phénomène d'eutrophisation. |
| Photosynthèse | Processus par lequel les plantes transforment le dioxyde de carbone et l'eau en glucides et en d'autres composés en faisant appel à l'énergie solaire captée par leur chlorophylle. |
| Phytase | Enzyme courant dans le malt que l'industrie des aliments pour le bétail utilise largement pour accroître l'absorption du phosphore organique des aliments et réduire les rejets de phosphore dans l'environnement. |
| Plan agroenvironnemental | Plan élaboré et exécuté volontairement par l'agriculteur, qui dresse une liste des problèmes environnementaux potentiels propres à son exploitation agricole ainsi que les mesures à prendre pour résoudre ces problèmes. |
| Plantes fourragères vivaces | Graminées et légumineuses qui repoussent chaque printemps à partir de plantes cultivées lors de la saison de croissance précédente. |
| Polygone | Zone fermée, de forme irrégulière sur une carte. On utilise des polygones pour dresser les cartes des *pédo-paysages du Canada* et on les superpose aux cartes des secteurs de dénombrement du *Recensement de l'agriculture* pour faire correspondre les données physiques sur les sols et les paysages aux données sur les pratiques de gestion agricole. |
| Pouvoir envahissant | Capacité d'une plante à se répandre au-delà de son lieu d'introduction et de s'installer dans de nouveaux endroits, où elle peut nuire à d'autres organismes. |
| Pratiques de gestion bénéfiques | Méthodes, mesures ou pratiques visant à réduire le plus possible ou à prévenir les risques et les effets négatifs affectant l'environnement, incluant la pollution. |
| Puits | Dans les sols, la capacité d'assimiler les substances et de les conserver ou subséquemment les rendre disponibles pour la croissance végétative aérienne ou souterraine. |
| Qualité de l'habitat | Capacité d'un habitat de satisfaire aux besoins d'une espèce. |
| Recensement de l'agriculture | Recensement national réalisé tous les cinq ans afin de recueillir de l'information sur la structure et l'économie des exploitations agricoles , les cultures, l'utilisation des terres et l'élevage. |
| Région humide | Correspond à un climat dans lequel la limite inférieure de la précipitation annuelle est de 50 cm dans les régions froides, et la limite supérieure est de 150 cm dans les régions chaudes. |
| Région semi-aride | Région où les précipitations sont minimales ou infimes (25 à 50 cm par an). Climat dont les précipitations sont un peu plus abondantes que le climat aride, ou région dans laquelle un tel climat prédomine et caractérisée par une végétation d'herbes clairsemées. Le recours à des méthodes de cultures à sec ou à l'irrigation est habituellement nécessaire pour obtenir des récoltes dans ces régions. |
| Résidus de culture | Matière végétale, comme des feuilles, des tiges et des racines, demeurant après la récolte. |
| Résidus solides | Tous les intrants matériels d'un processus qui ne sont pas transformés en produits ou en sous-produits. Ces matières sont recyclées ou deviennent des déchets. |
| Résistance des parasites | Situation dans laquelle les parasites ne sont pas affectés par le taux d'application recommandé d'un pesticide. |
| Rotation | Voir « Rotation des cultures » |
| Rotation des cultures | Pratique agricole consistant à planter deux cultures ou plus sur la même terre d'une année à l'autre et de façon répétitive. Cette pratique sert habituellement à accroître la fertilité du sol, à réduire les populations de parasites et à stimuler la production agricole dans les années suivantes. |

| Terme | Définition |
|---|---|
| Ruissellement | Portion des précipitations ou des eaux de fonte qui s'écoulent à la surface du sol, vers les cours d'eau (rivières, étangs, lacs, etc.). |
| Salinisation | Processus par lequel le contenu en sel solubles augmente à la surface du sol ou dans la zone racinaire. |
| Séquestration du carbone | Processus biochimique par lequel le carbone de l'atmosphère est transféré par des organismes vivants, dont les arbres, les plantes ou les micro-organismes des sols, vers un autre réservoir de stockage de carbone comme les sols ou les forêts. Ce processus peut contribuer à réduire les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. |
| Smog | Air malsain pollué par la fumée, les émanations chimiques ou les poussières qui se forment dans l'atmosphère. |
| Sol argileux | Sols dont les matériaux constitutifs sont composés d'au moins 40 % d'argile, de moins de 45 % de sable et de moins de 40 % de silt. |
| Sol dénudé | Sol non couvert par une couverture végétale ou des résidus de culture et qui est donc exposé aux éléments. |
| Sol limoneux-sableux | Sol constitué d'un mélange de sable, d'argile et de silt, dans lequel les particules de sable prédominent, suivies des particules d'argile. Par exemple, un échantillon de sol contenant 70 % de sable et 10 % d'argile s'inscrit dans la catégorie du sol limoneux-sableux. |
| Sol sableux | Sol dont les matériaux contiennent des particules de sable en abondance. |
| Sol sableux-limoneux | Sol constitué d'un mélange de sable, d'argile et de silt, dans lequel les particules de sable prédominent, suivies des particules d'argile. Par exemple, un échantillon de sol consistant en 90 % de sable et 10 % d'argile s'inscrit dans la catégorie du sol sableux-limoneux. Il est à remarquer que ce sol contient moins d'argile qu'un sol limoneux-sableux. |
| Sols brun foncé | Type de sols qu'on trouve dans les prairies canadiennes et formés d'un horizon de surface brun foncé reposant sur un horizon B plus clair et un horizon C généralement calcaire. |
| Sols bruns | Type de sols des prairies semi-arides du Canada, formés d'un horizon de surface brun, d'un horizon B brunâtre moins foncé et d'un horizon C généralement calcaire. |
| Sols noirs | Type de sols des prairies canadiennes, formés d'un horizon de surface très foncé, d'un horizon B brunâtre et d'un horizon C généralement calcaire. |
| Sous-mesurage | Utilisation de compteurs séparés pour enregistrer l'utilisation d'eau d'unités individuelles tandis que la consommation de l'ensemble des unités continue à être relevée par le fournisseur principal. |
| Stérilisation | Processus (surtout par chauffage) visant à tuer les agents pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, moisissures, spores) dans les aliments, qui peuvent être nocifs pour les humains. |
| Structure du sol | Propriétés physiques d'un sol liées à l'agencement et à la stabilité des particules, des agrégats et des pores. |
| Surpâturage | Broutage de la végétation par des animaux à un rythme supérieur à la capacité de cette végétation de se régénérer. |
| Système de compensation | Système qui octroie des crédits en échange d'une réduction ou d'une élimination vérifiée des émissions de gaz à effet de serre par des projets admissibles. |
| Terre arable | Terre qui peut être cultivée. |
| Terres cultivées | Catégorie d'utilisation des terres agricoles, établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui comprend la superficie totale des terres servant aux grandes cultures, à la culture de fruits, de légumes, de produits de pépinière et de gazon. |
| Terres en culture | Voir terres cultivées. |
| Terres naturelles pour le pâturage | Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui comprend des terres non déboisées ou non cultivées servant au pâturage. |
| Texture du sol | Proportion relative des particules minérales de différentes grosseurs (sable, silt, argile) dans les sols. |
| Toutes les autres terres | Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui comprend les terres occupées par des bâtiments de ferme, des enclos de ferme, des jardins, des serres, des champignonnières, des terres non exploitées, des boisés, des érablières, des brise-vent, des tourbières, des marais, des marécages, etc. |
| Travail de conservation du sol | Toute séquence de travail du sol visant à réduire au strict minimum la perte de sol et d'eau; opération de travail du sol ou de travail-plantation qui laisse une couverture de résidus à la surface du sol équivalant à au moins 30 % de la surface. |
| Travail du sol classique | Opérations primaires et secondaires de travail du sol généralement exécutées pendant la préparation d'une couche de semis et qui laissent habituellement, à leur terme, une couverture de résidus à la surface du sol équivalant à moins de 30 % de la surface traitée. |
| Travail minimum du sol | Travail du sol minimal nécessaire pour satisfaire aux exigences liées à la production agricole dans les conditions climatiques et pédologiques existantes, ayant généralement comme conséquence un labourage moins intense que dans le travail de la terre classique. |
| Travail réduit du sol | Opérations de labourage qui requièrent un minimum de perturbation du sol, soit par l'utilisation de moins de passages ou d'un équipement spécialisé. Inclus le travail minimum du sol. |
| Voie d'eau gazonnée | Chenal naturel ou aménagé, habituellement large et peu profond, couvert d'herbes résistantes à l'érosion, qui permet aux eaux de surface de contourner ou de traverser des terres cultivées en suivant des creux naturels. |
| Zone riveraine | Terrain en bordure d'un cours d'eau ou d'une autre masse d'eau. |
| Zone tampon riveraine | Petite zone ou bande de terre aménagée le long d'un cours d'eau pour réduire l'érosion, intercepter les polluants, fournir un habitat à la faune et régler d'autres problèmes environnementaux. |

# Auteurs collaborateurs


*Rolfe Antonowitsch*
AAC, Administration du rétablissement agricole des Prairies
Régina, Saskatchewan
Courriel : **antonowitschr@agr.gc.ca**

*Yves Arcand*
AAC, Centre de recherches et de développement sur les aliments
Saint-Hyacinthe, Québec
Courriel : **arcandy@agr.gc.ca**

*Shabtai Bittman*
AAC, Centre de recherches en agroalimentaire du Pacifique
Agassiz, Colombie-Britannique
Courriel : **bittmans@agr.gc.ca**

*Guy Boivin*
AAC, Centre de recherches et de développement en horticulture
Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec
Courriel : **boivinq@agr.gc.ca**

*Lucie Bourque*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **bourquel@agr.gc.ca**

*Tony Brierley*
AAC, Centre de recherches Lacombe
Edmonton, Alberta
Courriel : **brierleyt@agr.gc.ca**

*Carolyn Callaghan*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **callaghanc@agr.gc.ca**

*Allan J. Cessna*
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Lethbridge, Alberta
Courriel : **cessnaa@agr.gc.ca**

*Fulin Chen*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **chenf@agr.gc.ca**

*Harvey Clark*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **clarkhg@agr.gc.ca**

*Dick Coote*
Consultant
Stittsville, Ontario
Courriel : **dcoote@compmore.net**

*Farida Dechmi*
AAC, Centre de recherches et de develop. sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy, Québec
Courriel : **dechmif@agr.gc.ca**

*Reinder De Jong*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **dejongr@agr.gc.ca**

*Raymond Desjardins*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **desjardins@agr.gc.ca**

*Craig F. Drury*
AAC, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles
Harrow, Ontario
Courriel : **druryc@agr.gc.ca**

*Grant Edwards*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **edwardsgr@agr.gc.ca**

*Robert G. Eilers*
AAC, Centre de recherches sur les céréales
Winnipeg, Manitoba
Courriel : **eilersr@agr.gc.ca**

*Warren D. Eilers*
AAC, Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon, Saskatchewan
Courriel : **eilersw@agr.gc.ca**

*Annemieke Farenhorst*
Université du Manitoba
Winnipeg, Manitoba
Courriel : **farenhor@ms.umanitoba.ca**

*Robert G. Foottit*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **foottitrg@agr.gc.ca**

*Catherine A. Fox*
AAC, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles
Harrow, Ontario
Courriel : **foxc@agr.gc.ca**

*Brian Grant*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **grantbb@agr.gc.ca**

*Cynthia A. Grant*
AAC, Centre de recherches de Brandon
Brandon, Manitoba
Courriel : **cgrant@agr.gc.ca**

*Julie Grimard*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **grimarj@agr.gc.ca**

*John Harrington*
AAC, Administration du rétablissement agricole des Prairies
Outlook, Saskatchewan
Courriel : **harringtonj@agr.gc.ca**

*Edward (Ted) Huffman*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **huffmant@agr.gc.ca**

*Julian Hutchinson*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **Hutchinsonjj@agr.gc.ca**

*Steve K. Javorek*
AAC, Centre de recherches de l'Atlantique sur les aliments et l'horticulture
Kentville, Nouvelle-Écosse
Courriel : **javoreks@agr.gc.ca**

*Brian McConkey*
AAC, Centre de recherches agricoles de la région semi-aride
Swift Current, Saskatchewan
Courriel : **mcconkeyb@agr.gc.ca**

*Terry McRae*
Environnement Canada, Direction de la gouvernance et de la gestion des bassins hydrographiques
Gatineau, Québec
Courriel : **terence.mcrae@ec.gc.ca**

*Ross McQueen*
Université du Manitoba
Winnipeg, Manitoba
Courriel : **mcqueen@ms.umanitoba.ca**

*Owen Olfert*
AAC, Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon, Saskatchewan
Courriel : **olfert0@agr.gc.ca**

*Chrystel Olivier*
AAC, Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon, Saskatchewan
Courriel : **olivierc@agr.gc.ca**

*Glenn Padbury*
AAC, Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon, Saskatchewan
Courriel : **padburyg@agr.gc.ca**

*Elizabeth Pattey*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **patteye@agr.gc.ca**

*Alain Piau*
AAC, Direction générale des programmes financiers pour l'agriculture
Ottawa, Ontario
Courriel : **piaua@agr.gc.ca**

*Herb Rees*
AA, Centre de recherches sur la pomme de terre
Fredericton, Nouveau-Brunswick
Courriel : **reesh@agr.gc.ca**

*Keith Reid*
Ministère de l'Agriculture et des aliments de l'Ontario
Stratford, Ontario
Courriel : **keith.reid@omaf.gov.on.ca**

*Harold Rostad*
Consultant
Saskatoon, Saskatchewan
Courriel : **hrostad@sasktel.net**

*Marsha I. Sheppard*
Consultant
Pinawa, Manitoba
Courriel : **sheppardm@ecomatters.com**

*Steve C. Sheppard*
Consultant
Pinawa, Manitoba
Courriel : **SheppardS@ECOMatters.com**

*Ward Smith*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **smithw@agr.gc.ca**

*Bruce Junkins*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **junkibr@agr.gc.ca**

*Valerie Kirkwood*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **kirkwoodv@agr.gc.ca**

*Maurice Korol*
AAC, Direction générale des programmes financiers pour l'agriculture
Ottawa, Ontario
Courriel : **korolma@agr.gc.ca**

*Robert Koroluk*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **korolur@agr.gc.ca**

*David Lapen*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **lapend@agr.gc.ca**

*Marie-Line Leclerc*
AAC, Centre de recherches et de dévelop. sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy, Québec
Courriel : **leclercml@agr.gc.ca**

*Alexandre Lefebvre*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **lefebvrea@agr.gc.ca**

*Lavona Liggins*
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Kamloops, Colombie-Britannique
Courriel : **ligginsl@agr.gc.ca**

*David Lobb*
Science des sols, Université du Manitoba
Winnipeg, Manitoba
Courriel : **lobbda@Ms.UManitoba.CA**

*Robert J. Macgregor*
AAC, Direction des politiques stratégiques
Ottawa, Ontario
Courriel : **macgrbo@agr.gc.ca**

*Michèle Marcotte*
AAC, Centre de recherche et de développement sur les aliments
Saint-Hyacinthe, Québec
Courriel : **marcottem@agr.gc.ca**

*Peter G. Mason*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **masonp@agr.gc.ca**

*Abdul Matin*
AAC, Centre de recherches en agroalimentaire du pacifique
Agassiz, Colombie-Britannique
Courriel : **matina@agr.gc.ca**

*Dominique Maxime*
AAC, Centre de recherches et de développement sur les aliments
Saint-Hyacinthe, Québec
Courriel : **maximed@agr.gc.ca**

*John C. Tait*
Consultant
Pinawa, Manitoba
Courriel : **Taitj@mts.net**

*Georges Theriault*
AAC, Centre de recherches et de dévelop. sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy, Québec
Courriel : **theriaultg@agr.gc.ca**

*Don Thompson*
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Kamloops, Colombie-Britannique
Courriel : **thompsond@agr.gc.ca**

*Laurie C. Tollefson*
AAC, Administration du rétablissement agricole des Prairies
Outlook, Saskatchewan
Courriel : **tollefsonl@agr.gc.ca**

*Ed Topp*
AAFC, Southern Crop Protection and Food Research Centre
London, Ontario
Courriel : **toppe@agr.gc.ca**

*Eric van Bochove*
AAC, Centre de recherches et de dévelop. sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy, Québec
Courriel : **vanbochovee@agr.gc.ca**

*Laurens J.P. van Vliet*
AAC, Centre de recherches en agroalimentaire du pacifique
Agassiz, Colombie-Britannique
Courriel : **vanvlietl@agr.gc.ca**

*Xavier Vergé*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **vergex@agr.gc.ca**

*Suzanne I. Warwick*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **warwicks@agr.gc.ca**

*Ted Weins*
AAC, Administration du rétablissement agricole des Prairies
Regina, Saskatchewan
Courriel : **weinst@agr.gc.ca**

*Brian H. Wiebe*
Université du Manitoba
Winnipeg, Manitoba
Courriel : **wiebebh@agr.gc.ca**

*Devon Worth*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **worthd@agr.gc.ca**

*Jingyi Y. Yang*
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et oléagineux
Ottawa, Ontario
Courriel : **yangj@agr.gc.ca**

*Xueming M. Yang*
AAC, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles
Harrow, Ontario
Courriel : **yangx@agr.gc.ca**

# Remerciements

La production d'un rapport de cette ampleur et complexité n'aurait pas été possible sans les idées et l'aide de bon nombre de personnes, de groupes et d'organismes. Les rédacteurs et les auteurs du présent rapport tiennent à remercier les personnes et les groupes suivants de leur contribution.

Les membres du Comité directeur du Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA) ont assuré le soutien constant en matière de gestion nécessaire à la mise en œuvre du programme, et nous ont donné des suggestions et des conseils judicieux à l'égard de diverses activités, notamment l'élaboration des indicateurs. Les membres du Comité directeur sont : Alexandre Lefebvre (président), Warren Eilers, Bruce Junkins, Bryan Monette, Brook Harker, Peter Schut et Gordon Murray.

Les gestionnaires et les employés de l'Équipe de l'environnement d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) qui ont directement participé à tous les aspects du travail. Les personnes suivantes méritent des remerciements particuliers pour leur aide et leur leadership : Wayne Lindwall, Rick Butts, Gary Whitfield, Lianne Dwyer, Sherman Nelson et Scott Smith (Direction générale de la recherche); Cal Straub et Andrew Cullen (Administration du rétablissement agricole des Prairies); Tim Marta et Michelle Brenning (Direction générale des politiques stratégiques). Un merci tout spécial va également aux éditeurs (Terence McRae, Scott Smith et Joan Gregorich) et à tous les auteurs et coauteurs (trop nombreux pour les nommer ici) du rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux de 2000, afin de reconnaître le fait que les travaux présentés dans ce rapport son en grande partie dérivés ou adaptés de ce premier rapport.

Nous souhaitons remercier tous les gens de la communauté agricole, des universités, des organismes environnementaux et des gouvernements, trop nombreux pour les nommer ici, qui ont participé aux ateliers nationaux sur les indicateurs agroenvironnementaux qui ont eu lieu en décembre 2001 et en mars 2002, ou qui ont participé aux examens par les pairs et les intervenants des indicateurs agroenvironnementalux. Les discussions tenues lors des ateliers et les commentaires que nous avons reçus dans le cadre du processus d'examen nous ont apporté une aide déterminante à l'égard de la sélection et de l'élaboration d'indicateurs efficaces permettant d'évaluer la viabilité du secteur agricole canadien du point de vue écologique. Le Comité national de coordination en agroenvironnement et le Comité consultatif agroenvironnemental multilatéral, qui ont été établis afin de soutenir l'élaboration et la mise en œuvre du Cadre stratégique pour l'agriculture, nous ont offert de solides conseils sur l'élaboration et l'utilisation des indicateurs agroenvironnementaux. Kevin Parris, de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), nous a donné accès au travail effectué à ce sujet par l'OCDE et par ses pays membres.

Des services de traitement de données et de cartographie ont été fournis par des membres du personnel du Système d'information sur le sol du Canada (SISCan) d'AAC, soit Bryan Monette, André Villeneuve, Debbie Pagurek, Derek Brewin, Joanne McGraw et Dave Howlett. Ian Jarvis, Ted Huffman et Ryan Ogston ont assuré le traitement des données propres aux secteurs de dénombrement du *Recensement de l'agriculture* dans le cadre de ce projet.

Nous souhaitons également remercier tous ceux qui ont participé aux diverses étapes de la production du rapport. Stéphanie Proux d'AAC a assuré la coordination générale du processus. Robin MacKay, Lucie Beauln, Julie Aughey, Ralph Duchesne et Lorraine Morris ont donné un appui à la production; Régine Voyer, Karine Bazinet, Elaine Boudreault et Jean-Claude Drapeau (AAC), ont coordonné la traduction, tout comme Édith Président et Danielle Sénécal (Bureau de la traduction, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada); Micheline Pressoir et Julie Sarrazin (Bureau de la traduction) ont traduit le rapport; Barbara Chunn (Bureau de la traduction) s'est chargée de la révision linguistique et sa collègue, Sylvia McVicar, a révisé l'exactitude des documents de référence. Dave Owens, Laszlo Detre, Glen Sloane et François Magny se sont chargés des activités de communications; Brenda Adams (Accurate Design and Communications Inc.) a fourni les services de conception graphique.

En ce qui concerne la rédaction du rapport, les auteurs remercient les personnes suivantes d'avoir apporté une aide particulière à la rédaction de certains chapitres.

## Chapitre 3 : Facteurs influant sur l'agriculture écologiquement durable

Certaines parties de ce chapitre sont tirées d'un chapitre semblable du Rapport de 2000 sur le projet des indicateurs agroenvironnementaux. Merci beaucoup à Terry McRae pour sa contribution à la rédaction de ce document.

## Chapitre 5 : Comment relier science et politique

Sam Gameda dirige l'élaboration du Modèle d'affectation d'utilisation des terres (MAUT), qui est une composante clé de l'intégration prochaine des indicateurs agroenvironnementaux aux modèles de politique.

## Chapitre 7 : Pratiques de gestion agroenvironnementale

Neil Rothwell et Martin Beaulieu (Statistique Canada) ont fourni des données et des tableaux tirés de l'Enquête de 2001 sur la gestion agroenvironnementale.

## Chapitre 9 : Efficacité d'utilisation de l'azote

Con A. Campbell (AAC) a formulé de précieuses suggestions sur la façon d'améliorer la méthode du bilan azoté et a fourni des documents de référence sur les doses d'azote, les principes de rotation des cultures et les pratiques de travail du sol dans les Prairies. K. Bruce MacDonald nous a renseignés sur la méthode du bilan azoté et Barry Thompson (ministère de l'Agriculture, des Pêches et de la Sylviculture de l'Île-du-Prince-Édouard) nous a fourni de l'information sur la dose d'engrais azoté pour l'Île-du-Prince-Édouard.

## Chapitre 10 : Efficacité d'utilisation de l'énergie

Andre Hucq et Chad Wasylyniuk (Université de la Saskatchewan) ont fourni les données de 1981 à 1996 et les détails des calculs tirés des travaux de Weseen et Lindenbach (1998). Dave Finlayson (Institut canadien des engrais) et Chris Micek (Agrium Inc.) nous ont aidés à obtenir les derniers coefficients de teneur énergétique liés à la fabrication des engrais. Enfin, Ewen Coxworth nous a fourni des données détaillées sur la consommation d'énergie liée aux transports, qui ont servi à calculer les coefficients de teneur énergétique finaux relatifs aux engrais.

## Chapitre 11 : Efficacité de l'utilisation de l'eau

Beaucoup d'efforts ont été déployés pour élaborer, évaluer et choisir les indicateurs sur l'utilisation de l'eau. Le Comité consultatif des indicateurs sur l'utilisation de l'eau a joué un rôle important à cet égard et a aidé à préparer la proposition relative aux indicateurs et le plan de travail. Nous remercions tous les membres du Comité : Allan Cessna, Harvey Clark, Robert Eilers, Bruce Junkins, Alexandre Lefebvre, Isabelle Proulx et Dale Tomasiewicz (AAC); Russ Boals (Environnement Canada); Sietan Chieng de l'Université de la Colombie-Britannique); Jean-Louis Daigle (Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada); Jean-Marcel Laferrière et Aly Shady (Agence canadienne de développement international); Brent Paterson (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta); Rebecca Shortt (ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario); Suren Kulshthreshtha (Université de la Saskatchewan); Chandra Madramootoo (Centre Brace pour la gestion des ressources en eau de l'Université McGill). Marlene Martinson (AAC) était chargée d'organiser les réunions, les conférences et les déplacements.

## Chapitre 13 : Érosion du sol

### *A) Érosion hydrique*

Nous nous devons de remercier les employés d'AAC suivants : Derek Brewin, pour son aide inestimable en matière de programmation; Ken Webb, Delmar Holmstrom, Jean-Marc Cossette, David Kroetsch, Robert Eilers, Tony Brierley et Elizabeth Kenney, qui nous ont fourni des données et nous ont aidés à les interpréter.

### *B) Érosion éolienne*

Paul Krug, conseiller, Balcarres (Saskatchewan), a aidé à la recherche. Malcolm Black et Dennis Haak, de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies, ont examiné le chapitre pour ensuite formuler des commentaires essentiels et nous faire part de suggestions sur le plan de la rédaction.

### *C) Érosion attribuable au travail du sol*

Nous remercions Guy Mehuys, Dan Pennock et Tom Schumacher d'avoir participé à ce projet sur les indicateurs; Laurens Van Vliet, Derek Brewin et Bryan Monette, qui ont apporté une aide technique; nous remercions également Herb Rees, Warren Eilers, Robert Eilers, Tony Brierley, Alexandre Lefebvre et Scott Smith de leur aide.

## Chapitre 15 : Salinité du sol

Glenn Lelyk (AAC) a apporté une aide précieuse dans ce chapitre dans le cadre de l'analyse des données du Système d'information géographique (SIG). Tom Goddard et Frank Hecker (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et du Développement rural de l'Alberta), Peter Haluschak et Glen Podolsky (Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba), et Harold Steppuhn (AAC) ont formulé des commentaires utiles à l'égard de la nouvelle carte de la salinité du sol utilisée pour calculer l'indicateur.

## Chapitre 17 : Azote

Sam Gameda (AAC) nous a donné accès aux données quotidiennes consignées dans la base de données climatologiques des écodistricts.

## Chapitre 18 : Phosphore

K. Bruce MacDonald, Martin Bolinder et Suzanne Beauchemin ont fourni des renseignements techniques à l'égard de la première version de cet indicateur. Jean-Marc Cossette a porté assistance dans le cadre du traitement des données du SIG. Luc Lamontagne et Michel Nolin ont apporté leur expertise en pédologie lors du jumelage des attributs du sol avec la base de données du SIG. Yves Lefebvre et Richard Beaulieu (ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec) et Martin Bolinder, Luc Lamontagne et Jean-Marc Cossette (AAC) ont fait part de leurs commentaires sur la version préliminaire de ce chapitre. Nadia Goussard a participé au processus d'élaboration de l'indicateur et a formulé des suggestions pour améliorer le processus à l'avenir.

## Chapitre 19 : Pesticides

Les participants à l'atelier de mars 2004 sur l'indicateur IROWC-Pesticides ont joué un rôle important dans l'élaboration de l'approche utilisée pour cet indicateur. Voici les participants : Reinder DeJong, Robert Eilers, Warren Eilers, Colleen Hyslop, Alexandre Lefebvre, Elizabeth Pattey, Georges Thériault Eric Van Bochove et Tom Wolf (AAC); Clair Murphy et Jane Elliot (Environnement Canada); Jacques Drolet et Regi Mathew (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire); Esther Salvano (Université du Manitoba); Suzanne Allaire (Université Laval); K. Bruce Murray (Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba).

## Chapitre 21 : Gaz à effet de serre

Bon nombre de nos collègues à l'échelle du Canada ont prêté main forte au calcul des émissions de gaz à effet de serre. Nous tenons à remercier particulièrement Chang Liang (Environnement Canada) pour ses pr cieux commentaires, ainsi que les équipes du Programme de modélisation en agriculture et du Système national de comptabilisation et de vérification du carbone dans le sol et des gaz à effet de serre pour l'agriculture (SNCVCG) d'AAC, pour leurs efforts soutenus dans le cadre de l'élaboration et de l'amélioration des facteurs d'émission nationaux et régionaux. Le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques de Ressources naturelles Canada a financé en partie les activités liées à ce chapitre.

## Chapitre 22 : Ammoniac

Les auteurs souhaitent remiercier Sven G. Sommer (Institut danois des sciences agricoles) pour son aide précieuse et Jim Webb (ADAS, Wolverhampton, Royaume-Uni) de leur avoir donné accès au modèle du National Ammonia Reduction Strategy Evaluation System (NARSES).

## Chapitre 23 : Particules en suspension

Tanya Bradley, Masterloy Products, Ottawa (Ontario), a collaboré à la rédaction du rapport établissant la portée des particules en suspension.

## Chapitre 24 : Habitat faunique sur les terres agricoles

Nous sommes reconnaissants de la contribution qu'ont apportée Erin et Peter Neave (Neave Resource Management) à l'élaboration et à l'amélioration de l'indicateur sur l'habitat faunique sur les terres agricoles. Lisa Toulen (Environnement Canada) a fourni de précieuses données sur la distribution des espèces. Voici les personnes qui ont participé aux examens et qui ont fourni des commentaires très utiles : Cathy Neilsen (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario); Alain Baril et Carolyn O'Neill (Environnement Canada); George Hamilton, Chris Shank, Dave Prescott, Harry Stelfox et Terry Kosinski John Tackaberry (Développement durable des ressources de l'Alberta); Amanda Manuel (Keystone Agriculture Producers); Karla Guyn (Canards Illimités Canada); Michael Watmough (Environnement Canada).

Nous souhaitons également remercier les personnes suivantes pour leurs précieux commentaires : Troy Riche, Lawrence Townley-Smith, Ute Holweger, Jamie Hewitt, Lori Heigh, Doug Chekay, Heather Wiebe, Catherine Fox et Guy Baillargeon (AAC); Brenda Dale, Benoit Jobin, Risa Smith et Michele Williamson (Environnement Canada); Lyle Boychuk, Ken Lumbis et Gregg Brewster (Canards Illimités Canada); Randy Milton (ministère des Ressources naturelles de la Nouvelle-Écosse); Lowell Strauss (Conservation de la nature Canada); Ed Wiken (Habitat faunique Canada).

## Chapitre 25 : Dommages causés par la faune aux cultures et au bétail

Nous remercions les personnes qui ont contribué à l'élaboration de l'indicateur sur les dommages par la faune. Les voici : Lucie Bourque, Lori Heigh, J. Andrea Tanaka, Bob Vernon et Ian Campbell (AAC), ainsi que William McBride (consultant privé) et Michele Williamson (Environnement Canada). Voici les personnes qui ont participé aux examens et qui ont fait part de commentaires très utiles : Cathy Neilsen (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario); Ken Belcher (Université de la Saskatchewan); Mike Gollop (ministère de l'Environnement et de la Gestion des ressources de la Saskatchewan); Pat Rakowski, Pierre Brousseau et Pamela Martin (Environnement Canada); Amanda Manuel (Keystone Agriculture Producers); Michael Langman (Agriculture et Pêches Nouvelle-Écosse); Hugh Berges (ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario); Gary Coghill (Agriculture, Alimentation et Revitalisation rurale de la Saskatchewan). Nous aimerions également remercier les personnes suivantes d'avoir participé à l'atelier de 2004 sur les dommages causés par la faune : C. Cormack Gates (Université de Calgary) et Glen Parson (ministère des Ressources naturelles de la Nouvelle-Écosse).

## Chapitre 27 : Biodiversité du sol

Nous remercions les membres de l'équipe chargée de l'élaboration de l'indicateur sur la biodiversité du sol qui ont participé à l'élaboration du cadre conceptuel. Les voici : Ian Jarvis, Valérie Behan-Pelletier, Yolande Dalpé, Jill Clapperton, Danielle Prévost, David Lapen (AAC); Monika Joschko, Peter Lentzsch et Marion Tauschke (Leibniz-Centre for Agricultural Landscape and Land Use Research, [ZALF], Müncheberg, Allemagne). Un merci tout spécial à Ian Jarvis, Germarie Balactico, Thierry Fisette, Pierre-Yves Gasser, Bahram Daneshfar et Greg Gibbons (Équipe du Système régional d'information sur l'environnement, Ottawa) d'avoir apporté un soutien SIG relativement au modèle de validation.

## Chapitres 28, 29 et 30 : Secteur de la transformation des aliments et boissons

Les auteurs remercient Glenda Taylor de Jessica Norup (Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada) ainsi que Mihaela Andronescu (Environnement Canada), de l'aide précieuse qu'elles ont apportée dans le cadre de l'examen de l'avant-projet et des quelques documents et questionnaires. Les auteurs remercient grandement Bruno Pépin (Statistique Canada), Nathalie Trudeau (Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada) et John Nyboer (Centre canadien de données et d'analyse de la consommation d'énergie dans l'industrie, Groupe de recherche sur l'énergie et les matières) d'avoir prodigué des conseils durant l'élaboration des indicateurs sur l'utilisation de l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre de nous avoir aidés à améliorer le contenu et la mise en page grâce à leurs commentaires et à leur participation à la correction d'épreuves. Merci à Sophie Taillefer (Recyc-Québec) d'avoir fourni des données publiées en vue de faciliter la rédaction du document sur les indicateurs sur les résidus organiques solides et les déchets d'emballage. Merci également à Martin Lemire (Section des comptes des ressources naturelles et des déchets, Statistique Canada) et Michel Villeneuve (Direction de l'utilisation durable des eaux, Environnement Canada) pour leurs précieux commentaires sur les indicateurs sur l'eau et les eaux usées. Finalement, les auteurs aimeraient remercier les représentants de certaines entreprises d'aliments et boissons de leurs conseils et commentaires tout au long du projet.

## Notes

## Notes